

**PRARANCANGAN PABRIK GARAM FARMASI DARI GARAM  
RAKYAT DENGAN KAPASITAS 2.000 TON/TAHUN**



Disusun Oleh:

RESKY AMMAI                      4520044017

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS BOSOWA**

**2022**

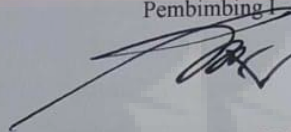
**HALAMAN PERSETUJUAN**  
**UJIAN TUTUP**  
**PRARANCANGAN PABRIK GARAM FARMASI DARI GARAM RAKYAT**  
**DENGAN KAPASITAS 2.000 TON/TAHUN**

Yang telah dipersiapkan dan disusun

**RESKY AMMAI (4520044017)**

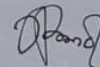
Telah disetujui oleh:

Pembimbing I



Dr. Ridwan, ST., M.Si  
NIDN: 09-1012-7101

Pembimbing II



Hermawati, S.Si., M.Eng  
NIDN: 09-2407-7101

15/8/2022

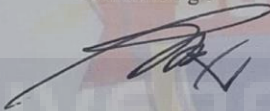
**HALAMAN PENGESAHAN**  
**PRARANCANGAN PABRIK GARAM FARMASI DARI GARAM RAKYAT**  
**DENGAN KAPASITAS 2.000 TON/TAHUN**

Disusun oleh:

**RESKY AMMAI (4520044017)**

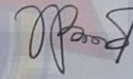
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Pada tanggal 19-08-2022, dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Pembimbing I



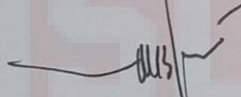
Dr. Ridwan, ST., M.Si  
NIDN: 09-1012-7101

Pembimbing II



Hermawati, S.Si., M.Eng  
NIDN: 09-2407-7101

Penguji I



Al Gazali, ST, MT  
NIDN: 09-0506-7302

Penguji II



Fitri Ariani, S.Si., M.Eng  
NIDN: 09-0103-8905

Makassar, 22 Agustus 2022  
Ketua Jurusan Teknik Kimia



DR. Ir. A. Zulfikar Syaiful, MT  
NIDN: 09-1802-6902

SURAT PERNYATAAN  
KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Resky Ammai  
Nomor Induk Mahasiswa : 4520044017  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Garam Farmasi dari Garam  
Rakyat dengan Kapasitas 2.000 Ton/Tahun

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebut dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar menyimpan, mengalihmediakan/menginformasikan, mengelola dalam bentuk *database*, mendistribusikan dan menampilkan untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan meminjamkan untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar dari semua tuntutan hukum yang timbul atau pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 22 Agustus 2022

Pembuat Pernyataan



Resky Ammai

4520044017

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga Skripsi Prarancangan Pabrik Kimia dengan judul “Pra-rancangan Pabrik Garam Farmasi dari Garam Rakyat dengan Kapasitas 2.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas segala bantuan baik berupa bimbingan, dorongan, serta semangat dari banyak pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimah kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. H. Nasrullah, ST,.MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa.
2. Bapak DR.Ir.A.Zulfikar Syaiful, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Bosowa.
3. Bapak Dr. Ridwan, ST., M.Si sebagai dosen pembimbing I
4. Ibu Hermawati, S.Si., M.Eng sebagai dosen pembimbing II
5. Seluruh staf pengajar dan pegawai administrasi Jurusan Teknik Kimia, Univestitas Bosowa.
6. Teristimewa, Orang Tua dan saudara-saudara terkasih yang telah banyak berkorban materi dan memberikan didikan, semangat serta doa untuk penulisan.
7. Semua pihak yang telah membantu.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih ada kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga skripsi ini dapat bermanfaat bukan hanya semata untuk penulis namun untuk pembaca pula.

Makassar, 8 Agustus 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>SURAT PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>INTISARI</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik .....	3
1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik .....	8
1.4 Tinjauan Proses .....	11
<b>BAB II URAIAN PROSES</b> .....	16
2.1 Tahap persiapan bahan baku .....	16
2.2 Tahap pembuatan Pure Brine .....	16
2.3 Tahap Pembuatan Garam Farmasi.....	17
2.4 Tahap pemisahan dan pemurnian .....	18
2.5 Diagram Alir Kualitatif .....	19
2.6 Diagram Alir Kuantitatif .....	20
<b>BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU</b> .....	21
<b>BAB IV NERACA MASSA</b> .....	24
<b>BAB V NERACA PANAS</b> .....	28
<b>BAB VI SPESIFIKASI ALAT</b> .....	30
<b>BAB VII UTILITAS</b> .....	39
7.1 Unit Pembangkit Steam.....	39
7.2 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (Water Supply System) .....	40
7.3 Unit Pembangkit Listrik .....	50
7.4 Unit Penyediaan bahan bakar .....	53

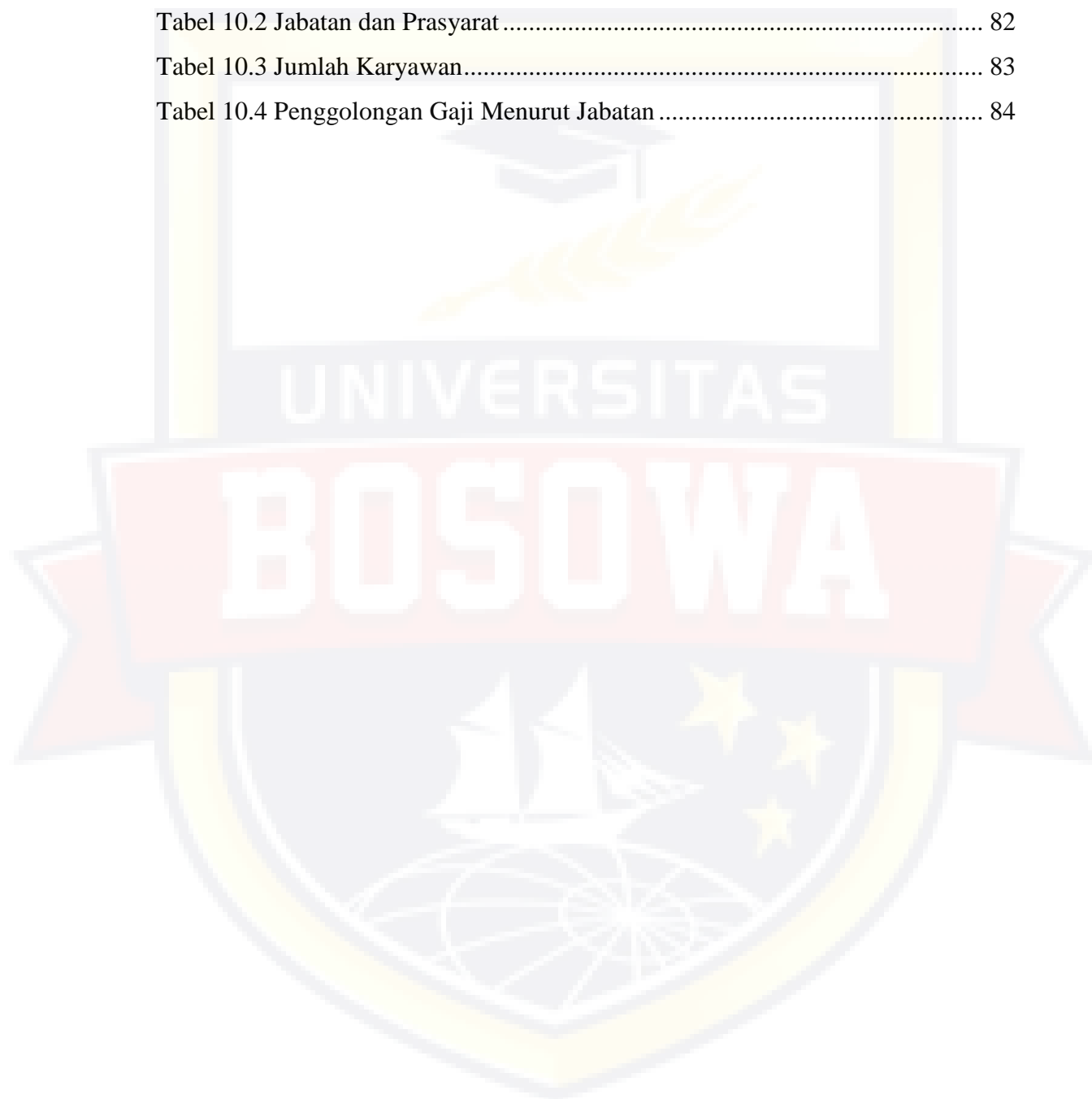
7.5 Unit Pengolahan Limbah.....	54
7.6 Unit Penyediaan Udara Tekan.....	55
<b>BAB VIII LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....</b>	<b>63</b>
8.1 lokasi pabrik .....	63
<b>BAB IX INSTRUMEN DAN KESELAMATAN KERJA .....</b>	<b>70</b>
9.1 Instrumen.....	70
9.2 Keselamatan Kerja .....	71
<b>BAB X STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN .....</b>	<b>77</b>
10.1 Organisasi Perusahaan .....	77
10.2 Struktur Organisasi.....	77
10.3 Tugas dan Wewenang .....	78
10.4 Pembagian Jam Kerja.....	84
10.5 Perincian Tugas dan Keahlian .....	86
10.6 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji .....	87
10.1 Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	88
<b>BAB XI ANALISA EKONOMI.....</b>	<b>91</b>
11.1 Penaksiran Harga Peralatan.....	91
11.2 Dasar Perhitungan .....	92
11.3 Perhitungan Biaya .....	93
11.4 Analisa Kelayakan.....	98
<b>KESIMPULAN.....</b>	<b>100</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>101</b>
<b>LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA.....</b>	<b>103</b>
<b>LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA PANAS.....</b>	<b>115</b>
<b>LAMPIRAN C PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT.....</b>	<b>123</b>
<b>LAMPIRAN D PERHITUNGAN SPESIFIKASI UTILITAS.....</b>	<b>165</b>
<b>LAMPIRAN E PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI.....</b>	<b>183</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Impor Garam Farmasi di Indonesia.....	3
Tabel 1.2 Data Produksi Garam Farmasi di Indonesia .....	4
Tabel 1.3 Data Ekspor Garam Farmasi di Indonesia .....	5
Tabel 1.4 Data Komsumsi Garam Farmasi Dalam Negeri .....	6
Tabel 1.5 Data Produksi Garam Rakyat di Sulawesi Selatan .....	8
Tabel 1.6 Pemurnian Garam dengan membran NF.....	14
Tabel 3.1 Komposisi NaC .....	21
Tabel 4.1 Neraca Massa Mixer NaCl.....	24
Tabel 4.2 Neraca Massa Mixer Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .....	24
Tabel 4.3 Neraca Massa Reaktor .....	25
Tabel 4.4 Neraca Massa Theckener .....	25
Tabel 4.5 Neraca Massa Nano Filtrasi .....	26
Tabel 4.6 Neraca Massa Evaporator .....	26
Tabel 4.7 Neraca Massa Kristalizer .....	26
Tabel 4.8 Neraca Massa Centrifuge .....	27
Tabel 4.9 Neraca Massa Rotary Dryer .....	27
Tabel 5.1 Neraca Panas Evaporator .....	28
Tabel 5.2 Neraca Panas Kriztalizer .....	28
Tabel 5.3 Neraca Panas Rotary Dryer.....	29
Tabel 5.4 Neraca Panas Screw Conveyor .....	29
Tabel 6.1 Spesifikasi Pompa Alat Proses.....	31
Tabel 7.1 Kebutuhan Uap Sebagai Pemanas.....	36
Tabel 7.2 Kebutuhan Air Untuk Kantor .....	38
Tabel 7.3 Total Kebutuhan Air Proses .....	39
Tabel 7.4 Syarat Mutu Air Pendingin .....	40
Tabel 7.5 Persyaratan Air Umpan Boiler .....	41
Tabel 7.6 Kualitas Air Sungai Tello .....	42
Tabel 7.7 Kebutuhan Daya pada Unit Proses .....	48
Tabel 7.8 Kebutuhan Daya pada Unit Utilitas .....	49
Tabel 7.9 Spesifikasi Pompa Utilitas .....	54



Tabel 7.10 Spesifikasi Tangki Pelarut Utilitas .....	55
Tabel 8.1 Perincian Luas Tanah.....	63
Tabel 9.1 Kebutuhan Air Untuk Kantor .....	72
Tabel 10.1 Jadwal Hari dan Jam Kerja Karyawan Shift .....	81
Tabel 10.2 Jabatan dan Prasyarat.....	82
Tabel 10.3 Jumlah Karyawan.....	83
Tabel 10.4 Penggolongan Gaji Menurut Jabatan.....	84



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Data Impor Garam Farmasi di Indonesia.....	3
Gambar 1.2 Grafik Data Ekspor Garam Farmasi di Indonesia .....	5
Gambar 1.3 Grafik Data Komsumsi Garam Farmasi Dalam Negeri .....	6
Gambar 1.4 Rencana Lokasi Pabrik.....	9
Gambar 2.1 Diagram Alir Kualitatif .....	19
Gambar 2.2 Diagram Alir Kuantitatif .....	20
Gambar 7.1 Flowsheet Unit Pengolahan Air .....	59
Gambar 8.1 Tata Letak Pabrik .....	64
Gambar 8.2 Tata Letak Alat Proses .....	65
Gambar 10.0 Struktur Organisasi Perusahaan .....	87

UNIVERSITAS

**BOSOWA**

## INTISARI

Garam farmasi merupakan garam yang memiliki kadar NaCl 99,8% dan kadar impuritas mendekati 0%. Garam farmasi merupakan bahan baku yang banyak digunakan dalam industri farmasi yakni antara lain sebagai bahan baku infus, produksi tablet, pelarut vaksin, sirup, oralit, cairan pencuci darah, minuman kesehatan dan lain-lain. Pabrik ini direncanakan akan dibangun pada tahun 2027 dengan kapasitas 2.000 ton/tahun. Kapasitas ini dipilih untuk memenuhi kebutuhan garam farmasi dalam negeri sehingga mengurangi impor dari luar negeri. Pabrik ini akan didirikan di Kota Makassar, Sulawesi Selatan dengan luas tanah 1.800 m<sup>2</sup>.

Untuk mendapatkan garam dengan konsentrasi NaCl yang tinggi dilakukan pemurnian garam dengan proses presipitasi. Proses ini lebih sederhana dibandingkan dengan metode lain dan dapat digunakan pada produk dengan kapasitas yang tinggi. Garam rakyat akan direaksikan dengan natrium karbonat dan natrium hidroksida dalam reaktor *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR). Reaksi bersifat eksotermis dan searah (*irreversible*) dengan kondisi operasi suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Selanjutnya larutan garam akan dipisahkan dari impuritasnya dan dimurnikan lalu menggunakan alat kristalizer akan menghasilkan butiran (kristal) NaCl 99,8%. Pabrik Garam Farmasi dirancang dengan unit pendukung proses yang terdiri dari unit penyediaan dan pengolahan air, unit pengadaan uap air (steam), unit pengadaan listrik, unit penyediaan udara tekan, unit pengadaan bahan bakar dan unit pengolahan limbah.

Pendirian pabrik garam farmasi ini memerlukan investasi modal tetap (*fixed capital*) sebesar Rp 79.650.592.375 dan modal kerja (*working capital*) sebesar Rp 19.635.139.831 dari analisa ekonomi didapatkan BEP sebesar 41,14 % dan SDP sebesar 23,75 %. ROI sesudah pajak 26,06 %, POT 3,11 tahun, dan IRR sebesar 15,82 % dengan suku bunga kredit korporasi bank adalah 8,7 %. Maka berdasarkan analisis ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

**Kata Kunci** : Garam Rakyat, Garam Farmasi, Pemurnian

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan kemajuan zaman, pembangunan di segala aspek bidang perlu diperhatikan. Salah satu cara untuk meningkatkan taraf hidup bangsa adalah dengan pembuatan industri kimia, baik yang menciptakan produk jadi maupun produk setengah jadi. Pembangunan industri kimia ini sangat penting karena dapat mengurangi jumlah ketergantungan Indonesia terhadap industri luar negeri yang dapat mengurangi devisa negara untuk mengimpor bahan-bahan yang dibutuhkan di Indonesia. Salah satu bahan yang dibutuhkan Indonesia dan masih diimpor hingga saat ini adalah natrium klorida (NaCl).

Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki kekayaan hasil laut yang melimpah salah satunya adalah air laut yang dapat dikelola menjadi garam. Indonesia termasuk negara ke-36 terbesar sebagai penghasil garam. Hanya saja, sampai saat ini kebutuhan garam di Indonesia masih dipenuhi dengan cara mengimpor garam dari luar negeri seperti Australia dan Belanda. Salah satu penyebab terjadinya hal seperti ini adalah kualitas garam di Indonesia yang belum dapat bersaing dengan garam impor. Industri-industri di Indonesia yang menggunakan Natrium Klorida sebagai salah satu bahan baku masih bergantung dengan NaCl dari luar negeri. Salah satu jenis garam yang masih diimpor hingga saat ini adalah garam farmasi.

Garam merupakan istilah umum yang digunakan untuk senyawa kimia Natrium Klorida (NaCl). Di alam, garam tidak sepenuhnya didapatkan dalam keadaan murni. Garam adalah benda padatan berwarna putih berbentuk kristal yang merupakan kumpulan senyawa yang sebagian besar Natrium Chloride (>80%) serta senyawa lainnya seperti Magnesium Chlorida. Garam mempunyai sifat higroskopis yang berarti mudah menyerap air, bulk density sebesar 0,8 – 0,9 dan titik lebur pada tingkat suhu 801°C (Burhanuddin, 2001).

Garam tidak hanya diproduksi untuk dikonsumsi melainkan garam juga dibutuhkan dalam dunia industri. Secara umum, garam dibagi atas 2 jenis yaitu garam konsumsi dan garam industri. Garam konsumsi merupakan garam lokal yang kandungan NaCl minimal 94% atas dasar basis kering sedangkan garam industri

merupakan garam dengan kadar NaCl minimal 97% dan memiliki impuritas yang sangat kecil. Garam industri dibutuhkan antara lain industri perminyakan, pembuatan soda api dan industri *pharmaceutical salt*(garam farmasi). Garam farmasi merupakan garam yang memiliki kadar NaCl 99,8% dan kadar impuritas mendekati 0% (Permenperin Nomor : 88/M-IND/PER/10/2014). Garam farmasi merupakan bahan baku yang banyak digunakan dalam industri farmasi yakni antara lain sebagai bahan baku infus, produksi tablet, pelarut vaksin, sirup, oralit, cairan pencuci darah, minuman kesehatan danlain-lain.

Kebutuhan garam industri di Indonesia tiap tahun semakin meningkat termasuk garam farmasi. Indonesia telah memproduksi garam farmasi sendiri sejak dibangunnya pabrik garam farmasi pertama di Indonesia oleh PT Kimia Farma tbk pada tahun 2016. Namun kapasitas pabrik tersebut hanya 2.000 ton/tahun sehingga kekurangan ini dipenuhi dengan melakukan impor garam farmasi. Dengan berdirinya pabrik garam farmasi kapasitas 2000 ton/tahun di wilayah timur Indonesia, diharapkan dapat memenuhi kebutuhan garam farmasi dalam negeri dan perlahan dapat meratakan perekonomian di seluruh wilayah Indonesia.

Adanya peningkatan impor dan berkembangnya industri di Indonesia, maka sangat penting untuk mendirikan pabrik garam farmasi di Indonesia. Berdirinya pabrik garam farmasi di Indonesia akan memberikan beberapa keuntungan, diantaranya :

1. Pendirian pabrik garam farmasi di Indonesia dapat memenuhi kebutuhan garam farmasi dalam negeri, sehingga mengurangi impor yang dapat menghemat devisa negara.
2. Menyediakan bahan baku bagi industri farmasi yang memanfaatkan Natrium Klorida 99,8%.
3. Meningkatkan kesejahteraan masyarakat penambang garam di Indonesia, khususnya untuk provinsi Sulawesi Selatan.
4. Membuka lapangan kerja baru sehingga mengurangi tingkat pengangguran di wilayah timur Indonesia.

## 1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

### 1.2.1. kebutuhan Garam Farmasi di Indonesia

Penentuan kapasitas produksi pabrik garam farmasi berdasarkan pada kebutuhan impor garam farmasi untuk mengurangi ketergantungan dari luar negeri. Melalui perbandingan data impor dan ekspor garam farmasi, kebutuhan impor lebih besar dibandingkan dengan ekspor. Kebutuhan garam farmasi dipasaran inilah yang menjadi acuan untuk dapat menentukan kapasitas produksi pabrik.

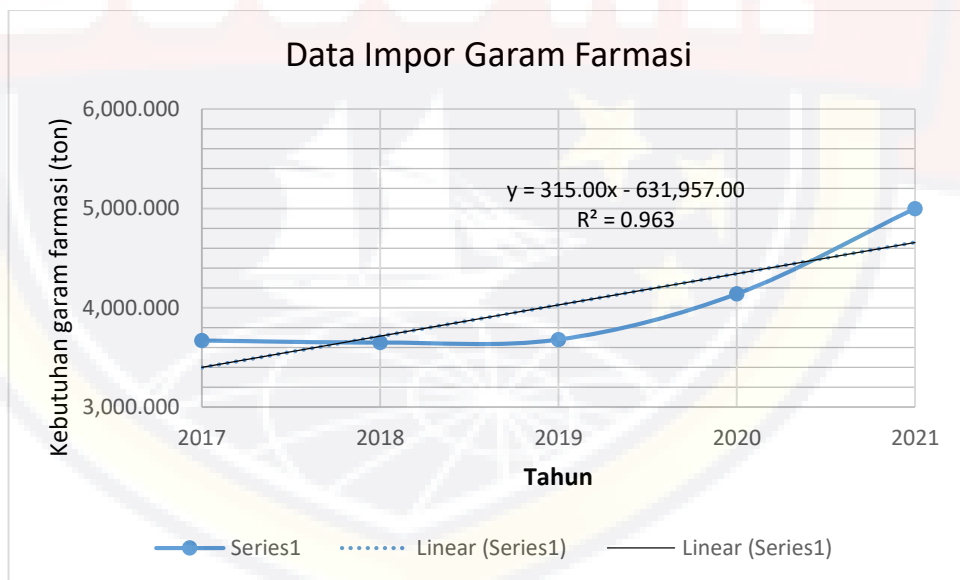
#### 1. Supply

- Data impor

Tabel 1.1 Data Impor Garam Farmasi di Indonesia

Tahun ke-	Tahun	Impor (ton/tahun)
1	2017	3.670
2	2018	3.650
3	2019	3.680
4	2020	4.140
5	2021	5.000

Sumber : Badan Pusat Statistik Indonesia



Grafik 1.1 Grafik Impor Garam Farmasi

Pabrik ini direncanakan akan berdiri pada tahun 2027, sehingga dengan persamaan regresi linear Impor dalam negeri dapat diprediksi.

$$y = b x + a$$

dimana ;  $y$  = Kapasitas Produksi (ton/tahun)

$a$  = Konstanta

$x$  = Tahun perencanaan berdirinya pabrik (2027)

$b$  = Koefisien regresi (kemiringan)

sehingga,  $y = 315.00x - 631,957.00$

maka impor pada tahun 2027 adalah :

$$\begin{aligned} y &= 315.00x (2027) - 631,957.00 \\ &= 6.548 \text{ ton /tahun} \end{aligned}$$

- Data produksi

Table 1.2 Data Produksi Garam farmasi di Indonesia

Tahun ke	Tahun	Kapasitas (ton/tahun)
1	2017	2.000
2	2018	2.000
3	2019	2.000
4	2020	2.000
5	2021	2.000

Sumber : Badan Pusat Statistik Indonesia

Saat ini Indonesia baru memiliki satu pabrik penghasil garam farmasi yaitu PT Kimia Farma (Persero) yang berlokasi di Watudakon, Jawa Timur dengan kapasitas produksi 2000 ton/tahun. Produksi pabrik tersebut untuk tahun 2027 dianggap tetap pada nilai 2.000 ton/tahun karena telah beroperasi pada kapasitas terpasangnya sehingga belum mencukupi kebutuhan garam farmasi dalam negeri .

Berdasarkan data impor dan data produksi dalam negeri maka dapat diketahui nilai *supply* garam farmasi di Indonesia pada tahun 2027 :

$$\begin{aligned} \text{Supply} &= \text{Impor} + \text{Produksi} \\ &= 6.548 \text{ ton /tahun} + 2.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 8.548 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

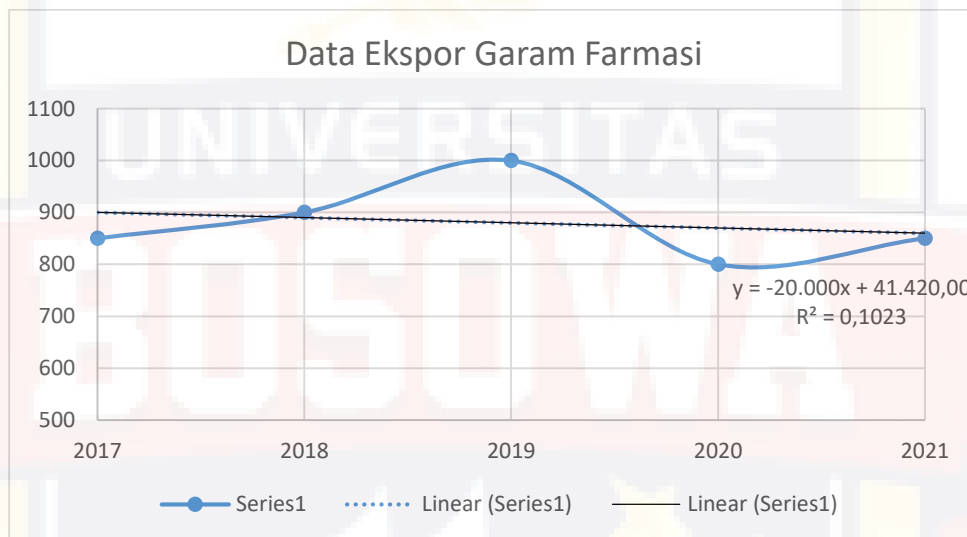
## 2. Demand (Permintaan)

- Ekspor

Table 1.3 Data Ekspor Garam Farmasi di Indonesia

Tahun ke	Tahun	Kapasitas (ton/tahun)
1	2017	850
2	2018	900
3	2019	1.000
4	2020	800
5	2021	850

Sumber : Badan Pusat Statistik Indonesia



Grafik 1.2 Data Ekspor Garam Farmasi di Indonesia

Dengan persamaan regresi linear data ekspor garam farmasi dapat diprediksi.

$$y = b x + a$$

dimana ;  $y$  = Kapasitas Produksi (ton/tahun)

$a$  = Konstanta

$x$  = Tahun perencanaan berdirinya pabrik (2027)

$b$  = Koefisien regresi (kemiringan)

sehingga,  $y = -20,000x - 41.420,00$

maka ekspor garam farmasi pada tahun 2027 adalah :

$$\begin{aligned} y &= -20,000 (2027) - 41.420,00 \\ &= 880 \text{ ton /tahun} \end{aligned}$$

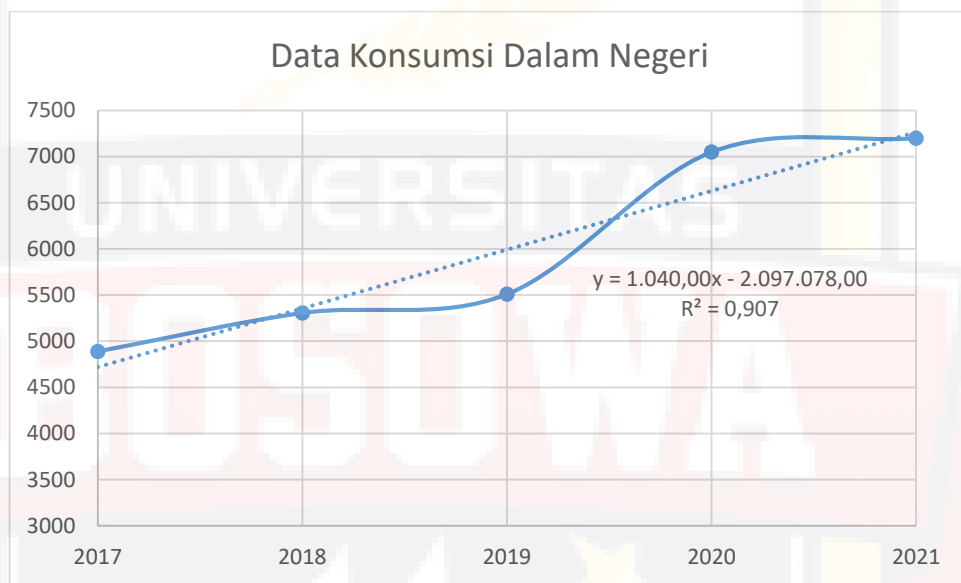


- Komsumsi Dalam Negeri

Table 1.4 Data Komsumsi Dalam Negeri

Tahun ke	Tahun	Kapasitas (ton/tahun)
1	2017	4.890
2	2018	5.307
3	2019	5.510
4	2020	7.050
5	2021	7.200

Sumber : Badan Pusat Statistik Indonesia



Grafik 1.3 Grafik Konsumsi Garam Farmasi

Berdasarkan persamaan regresi linear data komsumsi garam farmasi dapat diprediksi.

$$y = b x + a$$

dimana ;  $y$  = Kapasitas Produksi (ton/tahun)

$a$  = Konstanta

$x$  = Tahun perencanaan berdirinya pabrik (2027)

$b$  = Koefisien regresi (kemiringan)

Sehingga,  $y = 1.040x - 2.097.078$

Maka komsumsi garam farmasi pada tahun 2027 adalah :

$$\begin{aligned} y &= 1.040 (2027) - 2.097.078 \\ &= 11.002 \text{ ton /tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan data ekspor dan konsumsi garam farmasi, maka dapat diketahui demand garam farmasi di Indonesia pada tahun 2027 sebanyak :

$$\begin{aligned}\text{Demand} &= \text{Ekspor} + \text{komsumsi} \\ &= 880 \text{ ton /tahun} + 11.002 \text{ ton /tahun} \\ &= 11.882 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Berdasarkan proyeksi data impor, produksi, ekspor, dan konsumsi pada tahun 2027, maka peluang pasar untuk garam farmasi dapat ditentukan dengan kapasitas pabrik sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Peluang} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\ &= 11.882 \text{ ton/tahun} - 8.548 \text{ ton/tahun} \\ &= 3.334 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jadi, kapasitas tahun 2027} &= \text{Peluang} \times 0,6 \\ &= 3.334 \text{ ton/tahun} \times 0,6 \\ &= 2.000 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

### **1.2.2. Ketersediaan bahan baku**

Bahan baku utama yang digunakan adalah garam lokal dari daerah Sulawesi Selatan yang terbilang melimpah. Jeneponto menduduki posisi ke 14 sebagai daerah produsen garam terbesar di nusantara (KKP 2015). Selain Jeneponto beberapa daerah penghasil garam rakyat di Sulawesi selatan yaitu Kab. Kep. Selayar, Kab. Takalar, Kab. Pangkep, dan Kab. Maros. Indonesia menghasilkan sekitar 2,5 juta ton garam rakyat tiap tahunnya (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2014). Sedangkan bahan baku pendukung lainnya yaitu sodium hidroksida dan natrium karbonat dari PT Asahimas Subentra Chemical yang terletak di Cilegon, Banten.

Pembangunan pabrik garam farmasi ini direncanakan dibangun di Makassar untuk memaksimalkan potensi bahan baku yang melimpah di daerah Provinsi Sulawesi Selatan ini. Berikut data produksi garam rakyat di Provinsi Sulawesi Selatan yang dapat memenuhi kebutuhan bahan baku pabrik garam farmasi ini;

Tabel 1.5 Data Produksi Garam Rakyat

Tahun	Sulawesi Selatan (Ton/Tahun)
2017	16.237,00
2018	18.091,20
2019	45.401,88
2020	22.008,16
2021	14.170,69
Rata-rata	23.181,79

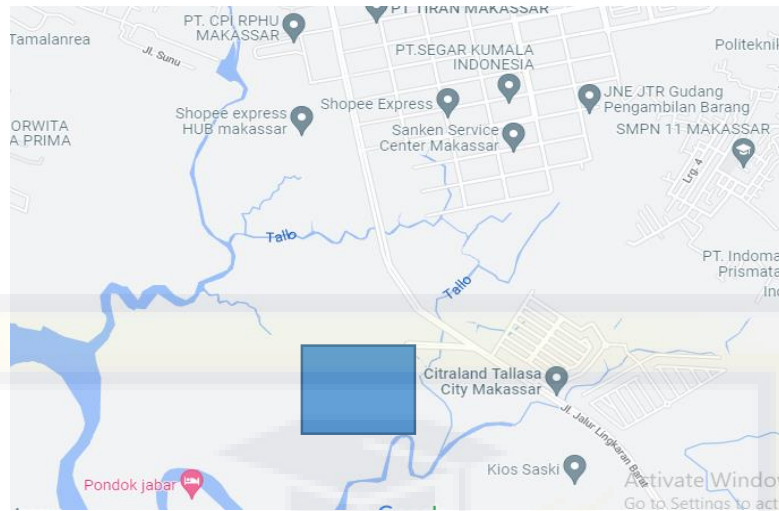
Sumber : Kementerian Kelautan dan Perikanan

Berdasarkan data produksi garam rakyat di daerah Sulawesi selatan, dapat dilihat bahwa Sulawesi selatan memiliki produksi garam rakyat yang melimpah yang dapat memenuhi bahan baku produksi Pabrik Garam Farmasi kapasitas 2000 ton/tahun.

### 1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu yang paling penting untuk kelangsungan operasi suatu pabrik yang akan didirikan. Lokasi pabrik sangat berpengaruh untuk suatu industri baik terhadap factor produksi maupun distribusi serta kemungkinan pengembangan dimasa yang akan datang. Pemilihan lokasi pabrik harus tepat berdasarkan perhitungan biaya produksi dan distribusi yang minimal serta pertimbangan sosiologi dan budaya masyarakat di sekitar lokasi pabrik (Peters, 2004).

Berdasarkan berbagai faktor yang harus dipertimbangkan maka lokasi pabrik garam farmasi ditetapkan di Jl. Ir. Sutami, Kec. Bira, Makassar, Sulawesi Selatan.



Gambar 1.4 Rencana lokasi pabrik

Faktor - faktor yang dipertimbangkan dalam pendirian pabrik antara lain :

### 1. Bahan Baku

NaCl atau garam lokal merupakan bahan baku utama pembuatan garam industri. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil garam lokal terbesar di dunia. Garam farmasi termasuk *Weight Loss*, yaitu produk yang dihasilkan lebih ringan dibandingkan dengan bahan bakunya. Maka dengan pertimbangan demikian, pembangunan pabrik garam farmasi lebih menguntungkan dibangun dekat dengan lokasi bahan baku. Pembangunan pabrik ini dibangun di Makassar karena dekat dengan bahan bakunya yakni dari Jeneponto, Kep. Selayar, Takalar, Maros , dan Pangkep. Bahan baku pendukung lainnya dalam proses pembuatan garam industri adalah NaOH dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang dapat dari PT Asahimas Subentra Chemical Cilegon.

### 2. Pemasaran

Garam farmasi banyak digunakan di industri obat-obatan. Pabrik garam farmasi di Indonesia sendiri hanya terdapat satu pabrik yaitu PT Garam Farmasi milik PT Kimia Farma,tbk yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan garam farmasi di Indonesia. Pabrik Industri obat-obatan di Sulawesi selatan banyak terletak di daerah Kawasan Industri Makassar. Selain dipasarkan di dalam negeri, produk dari pabrik garam farmasi ini juga nantinya akan di ekspor ke luar negeri. Makassar merupakan salah satu daerah yang didukung dengan transportasi memadai dan dekat dengan Pelabuhan Soekarno Hatta dan Bandar Udara Internasional Sultan hasanuddin sehingga memudahkan untuk memasarkan produk garam farmasi nantinya.

### 3. Utilitas

Lokasi pabrik yang dipilih mempunyai sumber air yang memadai. Utilitas yang diperlukan meliputi air, bahan bakar, dan listrik. Untuk memenuhi kebutuhan air, sumber air yang digunakan berasal dari sungai Tallo yang mengalir di sekitar pabrik. Pembangkit listrik utama diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan generator diesel digunakan sebagai kebutuhan listrik cadangan.

### 4. Tenaga Kerja

Tenaga kerja dapat diperoleh dengan mudah, baik dari sekitar selawesi selatan maupun luar daerah sesuai dengan kriteria dan ketrampilan yang ditetapkan oleh pabrik.

### 5. Transportasi dan Telekomunikasi

Transportasi dan telekomunikasi di Makassar tergolong mudah untuk dijangkau, sehingga tidak terdapat kendala dalam proses pengangkutan. Makassar juga dekat dengan Pelabuhan Soekarno Hatta dan Bandar Udara Internasional Sultan Hasanudin sehingga memudahkan proses pemasaran ke luar negeri. Sarana dan prasarana lainnya seperti transportasi darat berupa kereta api, dan transportasi udara berupa Bandara Udara Internasional. Sedangkan sarana pelayanan telekomunikasi telah disediakan dengan baik dan lengkap oleh PT. Telkom.

### 6. Iklim dan Geografis

Iklim di Indonesia terdiri dari 2 musim, yaitu musim hujan dan tropis menunjang untuk berdirinya industri. Kondisi geografis daerah Sulawesi Selatan sangat mendukung karena jarang sekali terjadi bencana alam seperti gempa bumi dan gunung meletus.

### 7. Peraturan Daerah dan Keadaan Masyarakat

Dalam mendirikan suatu bangunan haruslah dilengkapi dengan surat-surat dari instansi terkait yakni Pemda atau badan pertanahan setempat. Demikian juga dengan keadaan masyarakat di sekitar pabrik akan menguntungkan jika pemerintah daerah dimana pabrik itu berdiri memberikan kemudahan atau fasilitas kepada pihak pabrik.

### 8. Sarana Penunjang lainnya

Sarana penunjang lainnya, seperti sarana pendidikan, tempat ibadah, perumahan, sarana kesehatan, olahraga, hiburan, dan lain-lainnya harus ada di

sekitar lokasi pabrik sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup masyarakat.

## **1.4 Tinjauan Pustaka**

### **1.4.1 Bahan Baku**

- **Garam (NaCl)**

Secara fisik, garam adalah benda padatan berwarna putih berbentuk kristal yang merupakan kumpulan senyawa dengan kandungan terbesar Natrium Klorida (>80%) serta senyawa lainnya seperti magnesium klorida, magnesium sulfat, kalsium klorida dan lain-lain.

Secara umum, garam NaCl kristalnya tidak berwarna dan berbentuk kubus. Berat garam komersial umumnya 0.9-1.6 ton/m<sup>3</sup> yang tergantung pada densitas, kehalusan dan kelembabannya. Selanjutnya dinyatakan bahwa garam murni tidak begitu higroskopis dan akan menyerap air jika kelembaban nisbi udara sekitar lebih dari 76%. Garam biasanya mengandung ketidakmurnian seperti klorida dari kalsium, magnesium dan natrium serta magnesium yang sifatnya sangat menarik air (higroskopis).

Secara teoritis, garam yang dihasilkan dari penguapan air laut mempunyai kadar natrium klorida di atas 97%, akan tetapi dalam praktiknya kadar natrium klorida ini dibawah 97%. Hal ini dipengaruhi oleh mutu air laut, cara berproduksi dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi kristalisasi garam. Garam yang mengandung kadar natrium klorida yang tinggi pada umumnya berwarna putih bersih, walaupun kadang ditemukan garam yang berwarna putih, tetapi dengan kandungan gip yang tinggi.

Menurut SNI, garam dikelompokkan menjadi dua dengan spesifikasi sebagai berikut :

- a. **Garam Konsumsi**

Garam konsumsi adalah garam dengan kadar NaCl 87% atas dasar persen berat kering, kandungan impurities(sulfat, magnesium dan kalsium) sebesar 2% dan kotoran lainnya (lumpur, pasir) sekitar 1 % serta kadar air maksimal 7%. Kebutuhan garam konsumsi antara lain untuk konsumsi rumah tangga, industri makanan, industri minyak goreng, industri pengasinan dan pengawetan ikan.

## b. Garam Industri

Garam industri adalah garam dengan kadar NaCl sekitar 97.5% dengan kandungan impurities (sulfat, magnesium, dan kalsium) sebesar 2% dan kotoran lainnya yang sangat kecil. Kebutuhan garam industri antara lain untuk industri perminyakan, tekstil dan penyamakan kulit. CAP (Chlor Alkali Plant) Industrial Salt yang digunakan untuk proses kimia dasar pembuatan soda dan klor, dan pharmaceutical salt. Adapun garam farmasi juga termasuk kedalam jenis garam industry namun dengan kadar NaCl 99,8% dan kadar impuritas mendekati 0%.

- Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium Hidroksida atau NaOH, atau terkadang disebut soda api merupakan senyawa kimia dengan alkali tinggi. Sifat-sifat kimia membuatnya ideal untuk digunakan dalam berbagai aplikasi yang berbeda. Natrium hidroksida adalah bahan dasar populer yang digunakan di industri. Sekitar 56% Natrium hidroksida yang dihasilkan digunakan oleh industri, 25% di antaranya digunakan oleh industri kertas. Natrium hidroksida juga digunakan dalam pembuatan garam Natrium dan deterjen, regulasi pH, dan sintesis organik. Ini digunakan dalam proses produksi aluminium Bayer, secara massal Natrium hidroksida paling sering ditangani sebagai larutan berair. karena lebih murah dan mudah ditangani (Kurt dan Bittner, 2005).

- Natrium Karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

Natrium karbonat yang juga dikenal sebagai *soda cuci* dan *soda abu* yang memiliki rumus kimia  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , ialah garam natrium dari asam karbonat yang mudah larut di dalam air. Bentuk senyawa ini murni ialah berwarna putih, bubuk tanpa warna yang mampu menyerap embun dari udara, punya rasa alkalin atau pahit, dan membentuk larutan alkali yang kuat.

### 1.4.2 Produk

Garam farmasi merupakan garam dengan kualitas tertinggi dimana kadar NaCl > 99,4 % serta kandungan pengotor seperti Ca dan Mg <50 ppm, sulfat <150 ppm, serta tidak adanya logam berat lainnya (FI 1995). Garam merupakan istilah umum untuk senyawa kimia bernama Natrium Chlorida (NaCl). Di alam, garam tidak bisa didapatkan dalam keadaan benar-benar murni, walaupun beberapa

analisa telah dilakukan kementerian perdagangan, garam merupakan senyawa yang komponen utamanya terdiri dari NaCl dan mengandung senyawa lain seperti air.

Pemanfaatan garam farmasi dalam industri farmasi digunakan sebagai bahan baku sediaan infus, produksi tablet, pelarut vaksin, sirup, oralit, cairan pencuci darah, minuman kesehatan dan lain-lain. Sedangkan dalam industri kosmetik, garam farmasi digunakan sebagai salah satu bahan pembuat sabun, shampo, dan cairan dialisat.

### 1.4.3 Macam-Macam Proses

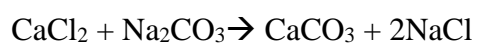
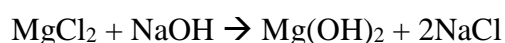
Pada proses pemurnian sodium klorida (NaCl), untuk menghilangkan berbagai impuritas pada garam bahan baku ada beberapa macam metode yaitu:

#### 1. *Chemical Treatment Process*

Pada garam komersial, umumnya terdapat beberapa komponen yang terkandung di dalam garam tersebut, seperti NaCl sebagai komponen penyusun utama, H<sub>2</sub>O, dan beberapa impuritas lain seperti CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub> serta beberapa logam berat dalam kadar ppm. Dalam menaikkan grade dari NaCl tidak hanya dapat dilakukan dengan proses pencucian saja karena impuritas dalam garam rakyat memiliki kelarutan yang rendah di dalam air sehingga harus dilakukan dengan proses kimiawi. Proses pemurnian garam dapat dilakukan dengan perlakuan kimia dan presiptasi berdasarkan proses fitrasi (Diyono Ihsan, dkk 2002).

Pada proses *chemical treatment* ini dilakukan dengan cara penambahan zat kimia ke dalam garam rakyat untuk meningkatkan kandungan NaCl dan untuk mengurangi senyawa impuritas terutama untuk magnesium dan garam kalsium. Monot (1991) menyatakan bahwa gram ekivalen ion Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> dalam air laut tidak proporsional sehingga perlu ditambahkan perlakuan kimia seperti donor Na<sup>+</sup> untuk meningkatkan kadar NaCl. Bahan kimia yang digunakan pada proses ini sebagai donor Na<sup>+</sup> adalah Natrium Hidroksida (NaOH) dan Natrium Karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>).

Reaksi kimia yang terjadi pada proses ini adalah





Pada reaksi diatas dapat dilihat bahwa impuritas dapat dikurangi dengan pengendapan serta kadar NaCL akan meningkat menurut reaksi tersebut. Menurut Reig M, dkk (2016) Proses presipitasi ini memiliki konversi sebesar  $96\pm 2\%$  untuk presipitasi Calcium dengan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan  $76\pm 4$  untuk presipitasi Magnesium dengan NaOH.

## 2. Proses pemurnian menggunakan Nano Filtrasi (NF) Membrane

Membran NF dapat dioperasikan pada tekanan 8 sampai dengan 20 bar. Berikut merupakan tabel % Rejection dan hasil permeate yang diperoleh berdasarkan tekanan pada membran.

Tabel 1.6 Pemurnian garam menggunakan membran NF

Component	SWD-RO brine composition (mg/L)	NF permeate composition (mg/L)					% Rejection at 22-26°C				
		8 bar	10 bar	12 bar	18 bar	20 bar	8 bar	10 bar	12 bar	18 bar	20 bar
NaCl	59000	57000	55000	54000	52000	52000	3±1.2	7±0.8	9±0.7	12±0.4	12±0.3
K (I)	700	670	666	670	670	664	4±0.6	5±0.4	4±0.2	4±0.3	5±0.2
Ca (II)	830	598	498	465	415	415	28±1.4	40±0.9	44±1.1	50±0.7	50±0.7
Mg (II)	2600	1200	1160	1000	920	760	54±0.8	55±0.7	62±0.5	70±0.7	71±0.4
S (VI)	5400	1200	1100	1100	600	500	78±1.8	79±1.5	79±1.2	89±1.1	91±0.9
Al (III)	0.3	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	>93	>93	>93	>93	>93
Ni (II)	0.07	0.069	0.069	0.063	0.054	0.045	0±5.2	0±7.1	10±5.6	23±5.7	35±5.4
Sr (II)	16	10.7	9.4	8.5	4.8	4.7	33±7.0	41±8.4	47±7.2	70±3.9	70±3.1
Cu (II)	0.03	0.025	0.023	0.020	0.010	0.010	17±6.3	23±4.6	33±5.5	67±4.7	67±5.6

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa semakin besar tekanan maka semakin besar pula impuritas yang menjadi permeate pada membran NF, sehingga NF membran lebih cocok pada penggunaan air laut sebagai umpan karena semakin tinggi kadar impuritas maka semakin tinggi pula tekanan membran yang digunakan.

## 3. Proses pemurnian menggunakan ion exchange

Pada proses ini untuk menghilangkan ion  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{Ca}^{2+}$  menggunakan resin jenis Amberlite IRD 747 dari Rohm Haas Co karena memiliki kapasitas pertukaran yang tinggi. Pada proses ini garam yang digunakan sebagai umpan terlebih dahulu dicuci untuk tretament dan regenerasi (Gragerada, Mario dkk. 2017). Larutan brine dipompakan menuju bed resin yang berisi resin, waktu tinggal yang diperlukan adalah sekitar 120 minutes. Metode ini dapat menghilangkan ion  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{Ca}^{2+}$  sebesar >99,85% dan 99,87%. Resin jenis IRD 747 diregenerasi tiap 24 jam untuk menghilangkan kondisi jenuh dari resin ini.

Pada pendirian pabrik ini dipilih metode chemical treatment presipitasi dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Tingkat kemurnian metode ini diatas 99%, serta dapat meningkatkan kadar NaCl di dalam garam karena adanya donor  $\text{Na}^+$  dari bahan kimia yang digunakan.
2. Proses presipitasi berlangsung dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) sehingga prosesnya lebih sederhana dibandingkan dengan ion exchange yang berlangsung dalam resin bed.
3. Bahan baku yang digunakan pada metode presipitasi lebih murah dibandingkan dengan harga resin dan harga membran NF.
4. Pada kapasitas besar dengan bahan baku yang memiliki konsentrasi NaCl yang tinggi, membran NF dan *ion exchange* belum mampu dipoeraskan sehingga pada kapasitas skala besar akan lebih cocok menggunakan metode presipitasi.

**BOSOWA**

## BAB II

### URAIAN PROSES

#### 2.1 Tahap persiapan bahan baku

Pada pembuatan garam farmasi bahan baku yang digunakan ialah garam rakyat daerah Sulawesi selatan. Pertama-tama garam rakyat dan natrium karbonat diubah menjadi fase liquid. Bahan baku garam rakyat disimpan dalam gudang penyimpanan pada suhu 30<sup>0</sup>C dan tekanan 1 atm. Garam rakyat dari gudang penyimpanan (G-01) diangkut menggunakan belt conveyor (BC-01) menuju Mixer-01 (M-01). Untuk melarutkan bahan baku maka H<sub>2</sub>O diumpangkan dari tangki air proses (T-01) menuju M-01. Kemudian untuk Natrium karbonat yang disimpan dalam Gudang penyimpanan (G-02) dengan suhu 30<sup>0</sup>C dan tekanan 1 atm juga diangkut menggunakan belt conveyor (BC-02) menuju Mixer (M-02) dan dilarutkan dengan H<sub>2</sub>O dari Tangki air proses (T-01). Adapun tahap pelarutan ini berlangsung pada suhu dan tekanan lingkungan. Tujuan dari pelarutan ini adalah untuk membuat Garam rakyat dan Natrium karbonat dalam kondisi larutan sehingga dapat memenuhi fase reaksi dalam reaktor, dimana NaOH sudah dalam fase liquid.

#### 2.2 Tahap pembuatan Pure Brine

Tahap ini bertujuan untuk memperoleh larutan garam murni NaCl tanpa impuritas senyawa lain. Larutan garam dari M-01 dan larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dari M-02 kemudian dicampur bersama-sama dengan larutan NaOH dari tangki penyimpanan (T-02). Pencampuran dilakukan di dalam Reaktor (R-01). Tipe reaktor yang digunakan adalah jenis Mixed Flow Reactor atau CSTR (Continues Stirer Tank Reactor) karena reaksi berlangsung dalam fasa liquid dimana reaktor dilengkapi dengan pengaduk. Pencampuran dilakukan pada kondisi lingkungan yaitu 30 °C dan tekanan 1 atm. Tujuan dari pencampuran ini adalah untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang masih terkandung dalam garam yaitu CaCl<sub>2</sub> dan MgCl<sub>2</sub> dengan cara mengendapkannya dalam bentuk CaCO<sub>3</sub> dan Mg(OH)<sub>2</sub>.

Reaksi yang terjadi pada R-01 adalah sebagai berikut :



Larutan hasil reaksi dikeluarkan dari reaktor (R-01) secara kontinu, sehingga waktu reaksi merupakan waktu tinggal larutan dalam reaktor. Hasil reaksi dari R-01 disimpan ke Theckener (TC-01) untuk memisahkan padatan hasil reaksi dari larutan sehingga diperoleh larutan garam dengan kemurnian yang lebih tinggi. Sluge menjadi hasil underflow dari TC-01 yang merupakan hasil samping dari pabrik ini. Sehingga ikut mengendapnya  $\text{CaCO}_3$  bersama padatan lain memberikan keuntungan yaitu hilangnya zat penyebab terbentuknya kerak. Diharapkan padatan yang terkandung pada larutan mendekati nol.

Larutan dari TC-01 masih mengandung garam selain NaCl yaitu  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{MgCl}_2$  serta logam berat dalam nilai ppm yang sangat kecil. Larutan ini kemudian diumpankan ke dalam membran nano filtrasi (NF-01). Prinsip kerja dari membran ini adalah memisahkan garam-garam monolen (NaCl) dengan garam-garam divalen ( $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{MgCl}_2$ ) beserta dengan logam-logam berat. Garam-garam monolen merupakan permeat dari nano filtrasi sedangkan logam berat dengan garam divalen merupakan retentate dari NF-01. Diharapkan semua garam divalen terpisah dari larutan sehingga larutan yang keluar dari NF-01 adalah larutan garam NaCl dengan kemurnian yang tinggi. Larutan inilah yang disebut *pure brine*.

### **2.3 Tahap Pembuatan Garam Farmasi**

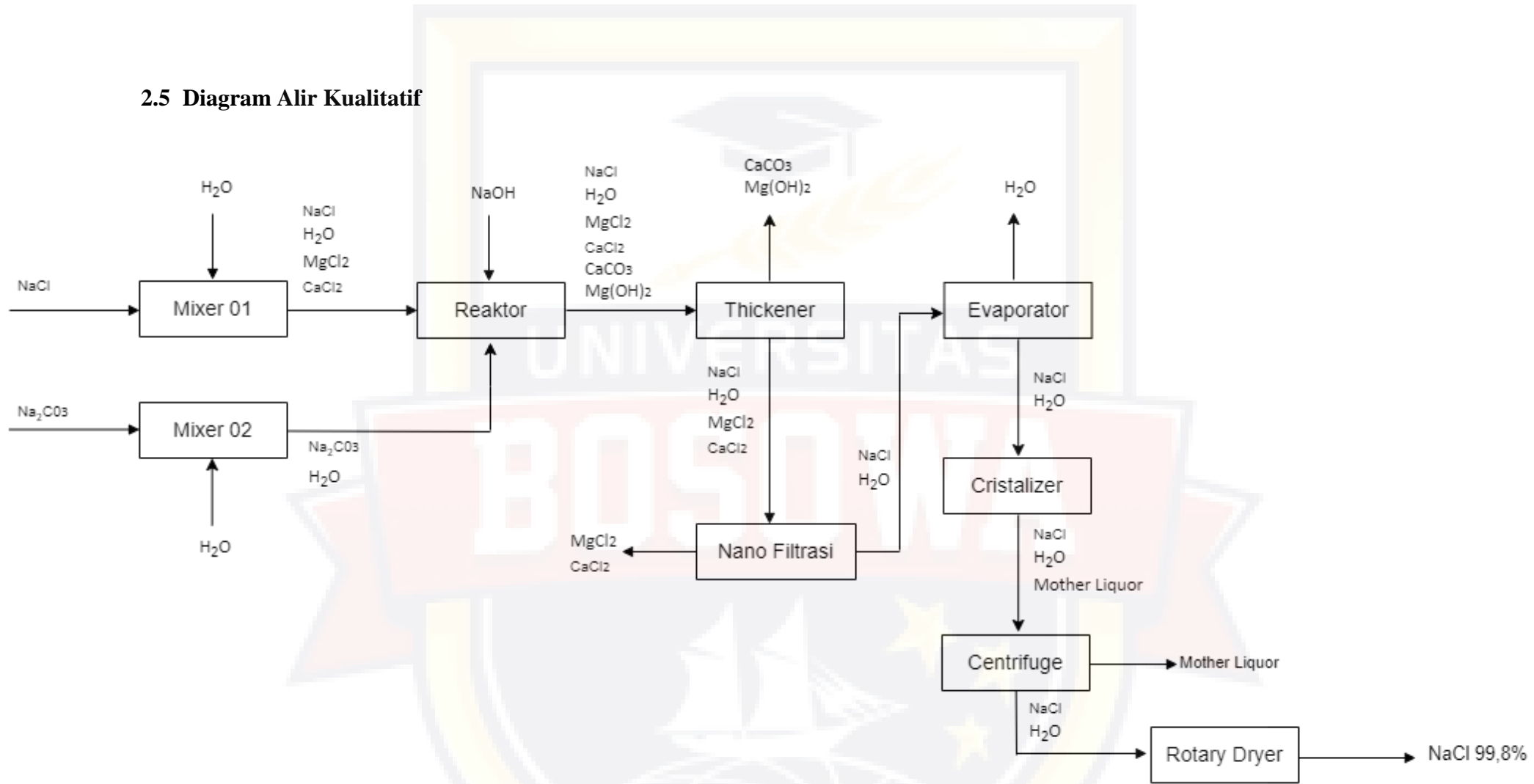
Larutan pure brine selanjutnya diumpankan ke dalam Single Effect Evaporator (EV-01) untuk dipekatan hingga mencapai kondisi *saturated brine* dimana suhu operasi evaporator 110 °C. Pemanas yang digunakan adalah steam dari unit utilitas. Dari evaporator, larutan garam kemudian diumpankan ke dalam Kriztalizer (KR-01) dengan menggunakan pompa. Pada kriztaliser KR-01 terbentuk kristal NaCl dan mother liquor. Keluar dari KR-01 kristal dan mother liquor memiliki suhu 40 °C.

Keluaran dari KR-01 akan berbentuk magma yang merupakan kombinasi antara kristal NaCl yang telah terbentuk dengan kandungan larutan induk yang tersisa (mother liquor). Larutan dari KR-01 diumpankan menuju Centrifuge (CR-01) untuk memisahkan kristal dengan mother liquor. Mother liquor yang terpisah dengan kristal diumpankan menuju unit pengolahan limbah.

#### **2.4 Tahap pemisahan dan pemurnian**

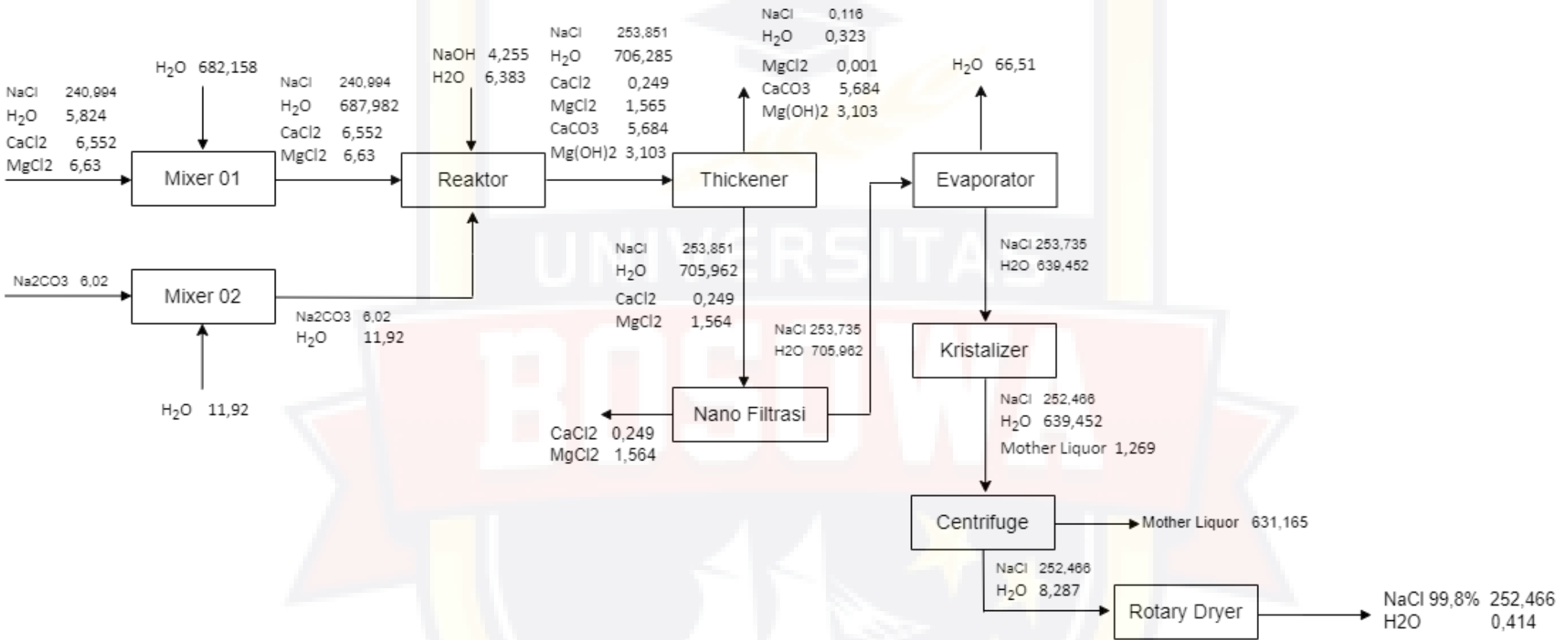
Selanjutnya dengan Screw Conveyor (SC-01) kristal basah NaCl dimasukkan ke Rotary Dryer (RD-01). Pada RD-01 kristal dikeringkan dengan menggunakan udara panas yang masuk pada suhu 70 °C. Pada pengeringan ini terjadi penguapan air sehingga keluar dari RD-01, kristal menjadi kering dengan kemurnian 99,8% NaCl. Kemurnian NaCl tersebut telah memenuhi spesifikasi dari garam farmasi. Produk berupa kristal dari RD-01 karena masih memiliki suhu yang tinggi selanjutnya diumpankan menuju screw conveyor dengan cooling jacket (SC-02). SC-02 selain sebagai alat pengangkut juga digunakan sebagai alat untuk mendinginkan produk sehingga didapatkan suhu produk 30 °C. Kristal yang telah sesuai dengan spesifikasi langsung dikirim ke Vibrating Screen (VC-01) untuk dipisahkan sesuai ukuran. Kristal yang tidak lolos pada ayakan VC-01 akan dimasukkan ke Ball Mill Screen (BM-01) dan produk keluaran BM-01 akan dimasukkan kembali ke VC-01. Kristal yang lolos pada VC-01 akan dikirim dengan Bucket Elevator (BE-01) ke silo garam farmasi (SL-01) untuk kemudian dapat dikemas, disimpan, dan siap dipasarkan.

## 2.5 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 2.1 Diagram Alir Kualitatif Pabrik Garam Farmasi

## 2.6 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 2.2 Diagram Alir Kuantitatif Pabrik Garam Farmasi

## BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU

### 3.1 Spesifikasi bahan baku dan Produk

#### 3.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

1. Garam Lokal (Sodium Klorida) (Perry, 1999)

Wujud	: Padat (30°C dan 1 atm)
Warna	: Putih
Bau	: Tidak berbau
Rumus Molekul	: NaCl
Berat Molekul	: 58,44 g/mol
Densitas	: 2,16 g/cm <sup>3</sup>
Titik lebur	: 800 °C
Kelarutan dalam air	: 35,9 gr/100 mL (25 °C)

Table 3.1 Komposisi Natrium Klorida ( KKP,2004 )

Komponen	%Berat
NaCl	92,69 %
H <sub>2</sub> O	2,24 %
CaCl <sub>2</sub>	2,52 %
MgCl <sub>2</sub>	2,55 %
Total	100 %

#### Sifat Kimia

- Mudah larut dalam air dingin
- Larutan elektrolit kuat
- Dapat teroksidasi menjadi HCl pada suhu yang tinggi
- Pada H<sub>2</sub>O kisi Kristal mudah berantakan serta anion dan kation dari ikatan dibebaskan (Na<sup>+</sup> , Cl<sup>-</sup>)
- Ion-ion menarik satu sama lain dengan sangat kuat dan daya tarik diantara mereka hanya bias dipatahkan oleh pelarut polar.



2. Natrium Hidroksida (Perry, 1999)

Wujud	: Cair (30°C dan 1 atm)
Warna	: Tidak Berwarna
Bau	: berbau kaustik
Rumus Molekul	: NaOH
Berat Molekul	: 40 kg/mol
Densitas	: 2,13 g/cm
Titik lebur	: 318°C
Titik didih	: 1.390°C
<i>Vapor Pressure</i>	: < 2,4 kPa pada 20°C
Kelarutan dalam air	: 111 g/100 mL pada 20 °C

Sifat kimia

Stabil pada temperatur ruang. Dengan cepat mengabsorpsi karbon dioksida di udara, membentuk natrium karbonat.

3. Natrium Karbonat (Badan POM RI,2012)

Wujud	: Padat (30°C dan 1 atm)
Warna	: Putih
Bau	: Tidak Berbau
Rumus Molekul	: Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Berat Molekul	: 105,99 gr/mol
Densitas	: 2,54 g/cm <sup>3</sup>
Titik didih	: 851 °C
Kelarutan dalam air	: 7 gr/100 mL
Kapasitas panas	: 1,043 J/g K

Sifat Kimia

Natrium karbonat dapat terdekomposisi menjadi sodium oksida dan karbon dioksida dalam keadaan vakum. Natrium karbonat merupakan senyawa *hygroscopic*.

### 2.1.2 Spesifikasi Produk (Perry, 1999)

Garam Farmasi (Natrium Klorida 99,8%)

Wujud : Padat (30<sup>0</sup>C dan 1 atm)

Bentuk : Serbuk padatan

Ukuran : <20 mesh

Warna : Putih

Bau : tidak berbau

Komposisi : Natrium Klorida minimal 99,8%  
Air maksimal 0,2%

Sifat Kimia

- Mudah larut dalam air dingin
- Larutan elektrolit kuat
- Ion-ion menarik satu sama lain dengan sangat kuat dan daya tarik diantara mereka hanya bias dipatahkan oleh pelarut polar.

**BOSOWA**

**BAB IV**  
**NERACA MASSA**

Kapasitas produksi : 2.000 ton/tahun

Dipilih Basis perhitungan : 260 kg /jam

1 tahun operasi : 330 hari/tahun

1 hari kerja : 24 jam

Kapasitas produksi garam farmasi tiap jam :

$$= 2.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \times \frac{1.000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}}$$

$$= 252,52 \text{ kg/jam}$$

Kemurnian produk :

NaCl = 99,8 %

H<sub>2</sub>O = 0,2 %

**4.1 Mixer NaCl (M-01)**

Table 4.1 Neraca Massa Mixer NaCl (M-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	1	2	5
NaCl	240,994		240,994
H <sub>2</sub> O	5,824	682,158	685,593
CaCl <sub>2</sub>	6,552		6,552
MgCl <sub>2</sub>	6,63		6,63
Total	260	682,158	942,158
	942,158		

**4.2 Mixer Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (M-02)**

Table 4.2 Neraca Massa Mixer Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (M-02)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	3	4	6
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	6,020		6,020
H <sub>2</sub> O		11,920	11,920
Total	17,940		17,940

#### 4.3 Reaktor (R-01)

Tabel 4.3 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)
	5	6	7	
NaCl	240,994			253,851
H <sub>2</sub> O	687,982	11,920	6,383	706,285
CaCl <sub>2</sub>	6,552			0,249
MgCl <sub>2</sub>	6,630			1,565
NaOH			4,255	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>		6,020		
CaCO <sub>3</sub>				5,684
Mg(OH) <sub>2</sub>				3,103
Total	942,158	17,940	10,638	970,736
	970,736			

#### 4.4 Thickener (TH-01)

Tabel 4.4 Neraca Massa Thikener (TH-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	8	9	10
NaCl	253,851	253,735	0,116
H <sub>2</sub> O	706,285	705,962	0,323
CaCl <sub>2</sub>	0,249	0,249	-
MgCl <sub>2</sub>	1,565	1,564	0,001
CaCO <sub>3</sub>	5,684	-	5,684
Mg(OH) <sub>2</sub>	3,103	-	3,103
Total	970,736	961,510	9,227
		970,736	

#### 4.5 Nano Filtrasi (NF-01)

Table 4.5 Neraca Massa Nano Filtrasi (NF-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	9	12	11
NaCl	253,735	-	253,735
H <sub>2</sub> O	705,962	-	705,962
CaCl <sub>2</sub>	0,249	0,249	-
MgCl <sub>2</sub>	1,564	1,564	-
Total	961,510	1,813	959,697
		961,510	

#### 4.6 Evaporator (EV-01)

Tabel 4.6 Neraca Massa Evaporator (EV-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	11	14	13
NaCl	253,735	-	253,735
H <sub>2</sub> O	705,962	66,510	639,452
Total	959,697	66,510	893,187
		959,697	

#### 4.7 Kristalizer (KR-01)

Table 4.7 Neraca Massa Kristalizer (KR-01)

Komponen	Input	output
	13	15
NaCl (s)	253,735	253,52
H <sub>2</sub> O	639,452	639,452
NaCl (l)	-	1,269
Total	893,187	893,187

#### 4.8 Centrifuge (CF-01)

Table 4.8 Neraca Massa Centrifuge (CF-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	15	17	16
NaCl	252,52	-	252,52
H <sub>2</sub> O	639,452	631,165	8,287
NaCl(I)	1,269	1,269	-
Total	893,187	215,956	260,753
		893,187	

#### 4.9 Rotary Dryer (RD-01)

Table 4.9 Naraca Massa Rotary Dryer (RD-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	16	18	19
NaCl	252,52	-	252,52
H <sub>2</sub> O	8,287	7,873	0,414
Total	260,753	7,873	252,88
		260,753	

**BAB V**  
**NERACA PANAS**

Kapasitas produksi : 2.000 ton/tahun  
 Basis : 1 jam operasi  
 $T_{reference}$  : 25°C ( 298,15 K )

**5.1 Evaporator (EV-01)**

Table 5.1 Neraca Panas pada Evaporator EV-01

Input	kJ/jam	Ouput	kJ/jam
Panas larutan dari reaktor	282.280,717	Panas uap keluar	174.057,297
Panas steam (Qs)	169.577,066	Panas larutan keluar	277.800,486
Total	451.857,783		451.857,783

**5.2 Kristalizer (CR-01)**

Table 5.2 Neraca Panas pada Kristalizer (KR-01)

Masuk	kJ/jam	Keluar	kJ/jam
Panas larutan dari EV-01	278.024,483	Panas larutan keluar KR-01	3.265,648
Air pendingin (Qcw in)	84.428,219	Air pendingin (Qcw out)	341.081,312
Panas Kristalisasi ( $\Delta H_s$ )	21.123.631		
Jumlah	384.576,33		384.576,33

### 5.3 Rotary Dryer (RD-01)

Table 5.3 Neraca Panas pada Rotary Dryer (RD-01)

Input	kJ/jam	Output	kJ/jam
Panas feed kristal masuk	29.767,354	Panas produk kristal	10.020,083
Panas udara masuk	105.282,36	Panas udara keluar	127.543,587
Total	137.563,669		137.563,669

### 5.4 Screw Conveyor dengan Jaket Pendingin (SC-03)

Table 5 4 Neraca Panas pada Screw Conveyor (SC-02)

Masuk	kJ/jam	Keluar	kJ/jam
Panas Kristal NaCl dari RD-01	10.020,083	Panas produk akhir	2.126,728
		Air pendingin (Qcw out)	7.893,355
Jumlah	10.020,083		10.020,083



## BAB VI SPESIFIKASI ALAT

### 6.1 Tangki penyimpanan

Ada beberapa tangki penyimpanan, yaitu :

Tangki H<sub>2</sub>O (T-01) : Menyimpan air proses  
 Tangki NaOH (T-02) : Menyimpan NaOH 60%  
 Bahan konstruksi : Low Alloy SA-204 Grade A  
 Bentuk : Bejana silinder dengan head berbentuk  
 thorispherical

Kondisi operasi :

Temperatur = 30°C = 303,15 K

Tekanan = 1 atm = 101,325 kPa

Table 6.1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

Tangki	Waktu simpan (hari)	Volume tangki (m <sup>3</sup> )	Diameter tangki (m)	Tinggi tangki (m)	Tebal shell /tutup (in)	Jumlah (unit)
T-01	30	607	8,63	19,731	0,625	1
T-02	15	46	3,8	12,719	0,25	1

### 6.2 Gudang penyimpanan bahan baku

Ada beberapa gudang penyimpanan :

Gudang NaCl (G-01) : Tempat menampung sementara garam rakyat

Gudang Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (G-02) : Tempat menampung sementara Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

Bahan konstruksi : Dinding bata beton dengan atap seng

Bentuk : Persegi panjang

Jumlah : 1 unit

Kondisi penyimpanan :

Temperature : 30 °C = 303,15 K

Tekanan : 1 atm = 101,325 kPa

Table 6.2 Spesifikasi Gudang Penyimpanan

Gudang	Waktu simpan (hari)	Volume (m <sup>3</sup> )	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (in)	Jumlah (unit)
G-01	4	11.544,86	62,7	47,012	4,701	1
G-02	4	228	16,932	12,699	1,270	1

### 6.3 Belt Conveyor

Ada beberapa Belt conveyor , yaitu :

Belt conveyor NaCl (BC-01) : Mengangkut NaCl menuju M-01

Belt conveyor Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (BC-02) : Mengangkut Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> menuju M-02

Bahan konstruksi : *Logam Carbon Steel SA 283 Grade C*

Kondisi operasi :

Temperature : 30 °C

Tekanan : 1 atm

Running angle : 30<sup>0</sup>

Table 6.3 Spesifikasi Belt Conveyor

Belt Conveyor	Daya (hp)	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (in)	Jumlah (unit)
BC-01	1	57,7	0,547	10,825	1
BC-02	1	23	0,457	3,464	1

### 6.4 Pompa Evaporator

Ada beberapa pompa alat proses, yaitu :

1. P-01 : Memompa air proses dari tangki ke M- 01
2. P-02 : Memompa air proses dari tangki ke M-02
3. P-03 : Memompa larutan garam ke R- 01

4. P-04 : Memompa larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ke R-01
5. P-05 : Memompa larutan  $\text{NaOH}$  ke R- 01
6. P-06 : Memompa larutan dari R- 01 ke TC-01
7. P-07 : Memompa larutan dari TC-01 ke NF-01
8. P-08 : Memompa larutan dari NF-01 ke EV-01
9. P-09 :Memompa larutan dari EV-01 ke KR-01
10. P-10 : Memompa larutan dari KR-01 menuju CF-01

Jenis pompa :

P-01 sampai P-09 = Pompa sentrifugal sigle stage

P-10 = Pompa reciprocating

Bahan konstruksi : *Stainless Steel* ASTM 304L

Table 6.4 Spesifikasi pompa peralatan

No	Pompa	Diameter Optimum (in)	Daya pompa standar (hp)	Daya pompa (hp)
1	P-01	0,772	2	1,25
2	P-02	0,772	2	1,25
3	P-03	0,532	2	1,12
4	P-04	1,82	2,5	2,256
5	P-05	1,82	1.2	1,08
6	P-06	1,233	1,5	1,454
7	P-07	1,572	1	0,98
8	P-08	1,234	1	0,96
9	P-09	2,375	3,2	3,008
10	P-10	2,375	1	0,7

### 6.5 Mixer $\text{NaCl}$ (M-01)

Fungsi : Melarutkan Kristal garam rakyat dengan air proses

Tipe : Tangki berpengaduk flat six blade open turbine dengan tutup dan alas thorispherical

Bahan : *Stainless steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

Tekanan = 1 atm = 101,325 kPa

Temperature = 30  $^{\circ}\text{C}$  = 303,15 K

Volume tangki : 15,511  $\text{m}^3$

Diameter	: 2,568 m
Tinggi tangki	: 6,42 m
Tebal shell	: 0,203 in
Jumlah baffle	: 4 buah
Jenis pengaduk	: flat 6 blade turbin impeller
Daya motor	: 3 hp

#### 6.6 Mixer Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (M-02)

Fungsi	: Melarutkan kristal Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> dengan air proses
Tipe	: tangki berpengaduk flat six blade open turbine dengan tutup dan alas thorispherical
Bahan	: stainless steel
Jumlah	: 1 unit
Kondisi operasi	:
Tekanan	= 1 atm = 101,325 kPa

    Temperature = 30 °C = 303,15 K

Volume tangki	: 0,275 m <sup>3</sup>
Diameter	: 0,669 m
Tinggi tangki	: 1,674 m
Tebal shell	: 0,141 in
Jumlah baffle	: 4 buah
Jenis pengaduk	: <i>flat 6 blade turbin impeller</i>
Daya motor	: 2 hp

#### 6.7 Reaktor (R-01)

Fungsi	: Menghilangkan impuritas dari garam
Tipe	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel ASTM 316</i>
Kondisi operasi	: Tekanan = 1 atm
	Suhu = 30°C
Volume	: 0,996 m <sup>3</sup>
Diameter	: 42,623 in
Tinggi	: 62,538 in
Tebal shell	: 0,150 in

Jumlah : 1 buah  
Jenis pengaduk : *Marine Propeller 3 Blades*  
Kecepatan putaran : 3,169 rps  
Daya motor penggerak : 1,6 hp

#### 6.8 Thickener (TC-01)

Fungsi : Memisahkan padatan  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  dari larutan garam.  
Bahan Konstruksi : *Carbon Steel SA-283, Grade C*  
Jumlah : 1 unit  
Kondisi operasi :  
Temperatur =  $110^\circ\text{C}$   
Tekanan = 1 atm  
Kedalaman : 3 m  
Waktu pengendapan : 1 jam  
Diameter : 0,39 m  
Tinggi : 0,586 m  
Tebal shell : 0,127 in  
Daya motor : 0,2 hp

#### 6.9 Evaporator (EV-01)

Fungsi : Memurnikan NaCl dengan menguapkan air.  
Jenis : Long Tube Vertical Evaporator  
Bahan konstruksi : *Plate High-alloy Steels SA-301 Grade A*  
Jumlah : 1 unit  
Kondisi operasi : Suhu umpan masuk =  $30^\circ\text{C}$   
Suhu umpan keluar =  $116,35^\circ\text{C}$   
Tekanan = 1 atm  
Laju alir massa : 959,6971 kg/jam  
Laju alir steam : 79,072 kg/jam  
Luas perpindahan panas :  $6,440\text{ m}^2$   
Panjang tube : 600 in  
Volume tube :  $4,088\text{ m}^3$   
Tebal shell : 3/16 in

Tinggi evaporator :16,230 m

#### 6.10 Kristalizer (KR-01)

Fungsi : Tempat terbentuknya kristal NaCl.  
Tipe : *Continous Stired Tank Crystallizer (CSTC)*  
Jumlah : 1 unit  
Kondisi operasi : Suhu umpan masuk = 116 °C  
Suhu umpan keluar = 40 °C  
Suhu air pendingin = 30°C  
Tekanan = 1 atm  
Diameter tangki : 1,7615 m  
Tinggi : 1,7615 m  
Tebal shell : 3/8 in  
Jenis pengaduk : *Six Blade Open Turbin* (turbin datar enam daun)  
Kecepatan putaran : 1,96 rps  
Diameter pengaduk : 0,3523 m  
Panjang daun pengaduk : 0,07 m  
Daya motor : 0,2 hp

#### 6.11 Centrifuge (CR-01)

Fungsi : Memisahkan Kristal NaCl dari *mother liquornya*.  
Tipe : *Solid Bowl Centrifuge*  
Jumlah : 1 unit  
Kondisi operasi : Tekanan = 1 atm  
Suhu = 40°C  
Kecepatan sudut :1.200 rpm  
Diameter bowl : 0,914 m  
Daya motor : 30 hp  
Waktu tinggal : 3600 s

## 6.12 Screw Conveyor

Ada beberapa screw conveyor, yaitu :

SC-01 : Mengangkut kristal NaCl basah menuju *rotary dryer*

SC-02 : Mengangkut kristal NaCl ke VC-01

SC-03 : Mengangkut bongkahan kristal NaCl dari VC-01 ke BM-01

SC-04 : Mengangkut kristal NaCl dari BM-1 kembali ke VC-01

SC-05 : Mengangkut kristal halus NaCl ke BC-01

Bahan konstruksi : *carbon steel*

Untuk SC-03 dan SC-04 kemiringan 30 °C

Tekanan = 1 atm

Table 6.11 Spesifikasi Belt Conveyor

Screw Conveyor	Daya standar (hp)	panjang (ft)	Kapasitas (ft <sup>3</sup> /jam)	Jumlah (unit)
SC-01	4,5	60	1.320,41	1
SC-02	2	60	496,768	1
SC-03	1	35	193,7	1
SC-04	1	35	193,7	1
SC-05	1	60	220,559	1

## 6.13 Rotary Dryer (RD-01)

Fungsi : Mengeringkan kristal Natrium Klorida dari kandungan air

Jenis : *Rotary Dryer Direct Counter-Current*

Bahan konstruksi : Stainless steel 316 ASTM

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : Suhu umpan masuk = 40 °C

Suhu umpan keluar = 72 °C

Suhu udara masuk = 70 °C

Tekanan = 1 atm

Panjang : 8,29 m  
Diameter : 32,63 in  
Tebal shell : 0,143 in  
Putaran : 11,7 rpm  
Waktu tinggal : 108, 5 menit (1jam 48 menit)  
Daya motor : 2,2 hp

#### **6.14 Screening (VC-01)**

Fungsi : Menyaring kristal NaCl  
Jenis : Vibrating screen  
Jumlah : 1 unit  
Bahan konstruksi : Stainless Steel  
Kondisi operasi :  
    Temperatur : 30°C  
Ukuran bar :

    lebar bar : 5 mm  
    Tebal bar : 5 mm  
slope : 20°  
Panjang screen : 1200 mm  
Lebar screen : 3700 mm

#### **6.15 Ball Mill (BM-01)**

Fungsi : Menggerus kristal NaCl  
Jumlah : 1 unit  
Bahan konstruksi : Stainless Steel  
Kondisi operasi :  
    Temperatur : 30°C  
Diameter : 1200 mm = 1,2 m  
Panjang : 3000 mm = 3m  
D media gerus : 120,8 mm = 0,12 m  
Putaran : 38,6 rpm  
Daya motor : 4 hp



### 6.16 Bucket Elevator

Fungsi	: Mengangkut produk garam farmasi ke silo
Jenis	: <i>Centrifugal-discharge spaced buckets</i>
Jumlah	: 1 unit
Kondisi operasi	: Suhu = 30 °C Tekanan = 1 atm
Jarak angkut	: 5 m
Tinggi elevasi	: 25 ft
Ukuran bucket	: 6 x 4 x 4,25 in
Putaran head	: 43 rpm
Daya motor	: 0,5 hp

### 6.17 Silo Garam Farmasi (SL-01)

Fungsi	: Menyimpan kristal garam farmasi sebelum dipacking.
Jenis	: Silinder vertikal dengan alas berbentuk kerucut terpacung
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel ASTM 316</i>
Kondisi operasi	: Tekanan = 1 atm Suhu = 30°C
Waktu penyimpanan	: 7 hari
Volume silo	: 110,4034 m <sup>3</sup>
Diameter	: 11,017 in
Tinggi	: 13,432 m
Tebal shell	: 0,162 in
Jumlah	: 1 buah

## BAB VII UTILITAS

Unit pendukung proses atau yang sering dikenal dengan unit utilitas merupakan unit yang berfungsi untuk menyediakan bahan-bahan penunjang yang mendukung kelancaran pada sistem produksi pabrik. Unit ini sangat berpengaruh dalam kelancaran produksi dari awal hingga akhir proses. Oleh karena itu, segala sarana dan prasarana harus dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menjamin kelangsungan operasi Unit pendukung proses yang terdapat dalam pabrik garam farmasi antara lain :

1. Unit pembangkit steam (*Steam Generation System*)
2. Unit penyediaan dan pengolahan air (*Water Supply System*)
3. Unit pembangkit listrik (*Power Plant*)
4. Unit penyediaan bahan bakar
5. Unit pengolahan limbah
6. Unit Penyediaan Udara Tekan

### 7.1 Unit Pembangkit Steam

Total kebutuhan *steam* pada pabrik Garam Farmasi adalah sebesar 233,0356 kg/jam, untuk menyuplai *steam* tiga alat yaitu : evaporator, dan rotary dryer. Rincian kebutuhan uap pada pabrik pembuatan asetanilida dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 7.1 Kebutuhan Uap sebagai Media Pemanas

No.	Nama Alat	Jumah Uap (Kg/jam)
1.	Evaporator	79,0938
2.	Rotary Dryer	28,2505
Total		107,3443

Untuk faktor keamanan diambil sebesar 20% dan faktor kebocoran sebesar 10% (Perry, 1997)

Jadi total *steam* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} &= (1+(0,2+0,1)) \times 107,3443 \text{ kg/jam} \\ &= 1,3 \times 107,3443 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$= 302,9463 \text{ kg/jam}$$

Total *steam* yang berubah menjadi kondensat :

$$= 233,0356 \text{ kg/jam}$$

Diperkirakan 80% kondensat yang dihasilkan dapat digunakan kembali, sehingga kondensat yang digunakan kembali :

$$= 80\% \times 233,0356 \text{ kg/jam}$$

$$= 186,4285 \text{ kg/jam}$$

## 7.2 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (Water Supply System)

Unit penyediaan air yang terdapat di bagian utilitas berfungsi untuk menyediakan air yang dibutuhkan untuk keperluan proses, termasuk di dalamnya berbagai pengolahan yang dilakukan agar air sesuai dengan standar yang berlaku.

### 7.2.1 Kebutuhan air

#### 1. Kebutuhan Air Untuk Boiler

Air umpan boiler merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan steam untuk kelangsungan proses. Air untuk umpan Boiler :

$$= 20\% \times \text{total steam yang berubah menjadi kondensat}$$

$$= 20\% \times 233,0356 \text{ kg/jam}$$

$$= 46,6071 \text{ kg/jam}$$

#### 2. Kebutuhan Air Pendingin

Kebutuhan air pendingin untuk pabrik pembuatan garam farmasi adalah 163 kg/jam. Air pendingin bekas digunakan kembali setelah didinginkan dalam menara pendingin air. Dengan menganggap terjadi kehilangan air selama proses sirkulasi, maka air tambahan yang diperlukan adalah jumlah air yang hilang karena penguapan, drift loss, dan blowdown. (Perry, 1997)

Air yang hilang karena penguapan dapat dihitung dengan persamaan:

$$W_e = 0.00085 \cdot W_c \cdot (T_2 - T_1) \quad (\text{Pers, 12-10, Perry, 1997})$$

Dimana:

$W_c$  = jumlah air pendingin yang diperlukan

$T_1$  = temperature air pendingin masuk =  $25^\circ\text{C} = 77^\circ\text{F}$

$T_2$  = temperature air pendingin keluar =  $30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$

Maka:

$$W_c = 0.00085 \times 163 \times (86 - 77)$$

$$= 37,408 \text{ kg/jam}$$

Air yang hilang karena drift loss biasanya 0,1-0,2% dari air pendingin yang masuk ke menara air (Perry, 1997). Ditetapkan drift loss 0,2%, maka:

$$W_d = 0,002 \times 37,408 = 0,326 \text{ kg/jam}$$

Air yang hilang karena blowdown bergantung pada jumlah siklus air pendingin, biasanya antara 3-5 siklus (Perry, 1997). Ditetapkan 5 siklus, maka:

$$W_b = W_c / (S-1)$$

$$= 37,408 / (5-1) = 9,352 \text{ kg/jam}$$

Sehingga total air tambahan yang diperlukan:

$$= W_c + W_d + W_b$$

$$= 37,408 + 0,326 + 9,352$$

$$= 47,086 \text{ kg/jam}$$

### 3. Kebutuhan Air Domestik

#### a. Kebutuhan Air Kantor

Kebutuhan air untuk setiap orang/shift adalah 100 kg/hari (Sularso, 2004). Dalam perhitungan kebutuhan air domestik digunakan jumlah karyawan 170 orang.

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan air domestik} &= 170 \text{ orang} \times 100 \text{ kg/hari} \times 1 \text{ orang} \\ &= 17.000 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Untuk kebutuhan air kantor dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 7.2 Kebutuhan air untuk kantor

No.	Kebutuhan	Jumlah air (kg/hari)
1.	Bengkel	200
2.	Poliklinik	500
3.	Laboratorium	400
4.	Pemadam kebakaran	1.000
5.	Kantin, musholla, dan kebun	1.500
Total kebutuhan air untuk kantor		3.600

#### b. Air Rumah Tangga

Diperkirakan perumahan sebanyak 24 rumah. Kebutuhan air satu orang

diperkirakan 200kg/hari (Sularso, 2014). Jika masing-masing rumah rata-rata dihuni 4 orang, maka kebutuhan perumahan tersebut adalah:

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan air rumah tangga} &= (24 \times 4) \times 200 \text{ kg/hari} \\ &= 19.200 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Maka total kebutuhan untuk air domestik adalah

$$\begin{aligned}&= 17.000 \text{ kg/hari} + 3.600 \text{ kg/hari} + 19.200 \text{ kg/hari} \\ &= 44.300 \text{ kg/hari} \\ &= 1.845,3 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

#### 4. Kebutuhan air proses

Untuk memenuhi kebutuhan air proses di mixer-01 dan mixer 0-2 sebagai air solvent untuk pabrik pembuatan garam farmasi adalah 694,078 kg/jam. Sehingga total kebutuhan air yang diperlukan untuk pengolahan awal dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 7.3 Total Kebutuhan Air Proses

No.	Keperluan	Jumlah air (kg/jam)
1.	Air Steam	302,94
2.	Air Pendingin	857,078
3.	Air Domestik	1.845,3
4.	Air Proses	694,078
Total kebutuhan air		2.749,46

$$\text{Jumlah kebutuhan air} = 2.749,46 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas air pada } 30^{\circ}\text{C} = 995,65 \text{ kg/m}^3 \text{ (Ullman)}$$

Jumlah kebutuhan air;

$$= 2.749,46 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 1/995,65 \text{ kg/m}^3$$

$$= 66,2754 \text{ m}^3/\text{hari}$$

#### 7.2.2 Pengadaan air

Pada prarancangan pabrik Garam Farmasi ini, kebutuhan air untuk pabrik disuplai dari air sungai. Penggunaan air sungai dengan pertimbangan letak pabrik dekat dengan sungai dan jumlah air sungai yang melimpah untuk memenuhi kebutuhan pabrik.

Air sungai sebagai bahan baku utilitas di pabrik harus memenuhi beberapa persyaratan kualitas, yaitu:

1. Air pendingin :

Air pendingin adalah air yang digunakan sebagai pendingin pada alat penukar panas..Persyaratan mutu air pendingin ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 7.4 Syarat Mutu Air Pendingin

Parameter	Air Pendingin		
	<i>Circulating Water</i>	<i>Makeup Water</i>	<i>Transient Water</i>
pH	6,5 – 8,2	6,0 - 8,0	6,8 – 8,0
Konduktivitas Elektrik (mS/m)	< 80	< 30	< 40
Klorin (mg/l)	< 200	< 50	< 50
Sulfat (mg/l)	< 200	< 50	< 50
Alkalinitas (mg/l)	< 100	< 50	< 50
Total Hardness (mg/l)	< 200	< 70	< 70
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	< 150	< 50	< 50
Silica (mg/l)	< 40	< 30	< 30

(Japan Refrigeration and Air Conditioning Industry Association Guidelines, 2004)

2. Air umpan *boiler*

Air umpan *boiler* merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan *steam* untuk kelangsungan proses. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* adalah sebagai berikut :

- Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi di dalam *boiler* disebabkan karena air mengandung larutan-larutan asam dan gas-gas terlarut seperti O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, dan NH<sub>3</sub>.

- Zat yang menyebabkan kerak (*scale forming*).

Pembentukan kerak disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silikat.

- Zat yang menyebabkan *foaming*.

Air yang diambil dari proses pemanasan biasanya menyebabkan *foaming* pada

*boiler* karena adanya zat-zat organik, anorganik dan zat-zat yang tak larut dalam jumlah besar. Efek alkalinitas terjadi akibat alkalinitas yang tinggi.

Persyaratan mutu air untuk umpan *boiler* yang sesuai dengan baku mutu dapat dilihat pada Tabel 7.5.

Tabel 7.5 Persyaratan Air Umpan *Boiler*

Tekanan Boiler (Psig)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Total Hardness (ppm)	Alkalinitas (ppm)	Silika (ppm)
0-300	0,1	0,05	0,3	700	150
301-450	0,05	0,025	0,3	600	90
451-600	0,03	0,02	0,2	500	40
601-750	0,025	0,02	0,2	400	20
751-900	0,02	0,015	0,1	300	20
901-1000	0,02	0,015	0,05	200	8
1001-1501	0,01	0	0	0	2
1501-2000	0,01	0	0	0	1

(ASME Guidelines for Water in Modern Industrial Water Tube Boiler, 1997)

Selain hal di atas, yang perlu diperhatikan dalam sistem *boiler* adalah blow down, dimana blow down dapat didefinisikan sebagai pembuangan sebagian air dalam *boiler* yang telah tinggi konsentrasinya dan menggantikannya dengan air umpan *boiler* baru, sehingga akan menurunkan konsentrasi suspended atau dissolved solid air dalam *boiler*. Tujuan blow down pada kondisi normal adalah untuk menurunkan konsentrasi zat yang terlarut maupun yang tersuspensi di dalam *boiler*. Karena *steam* yang dihasilkan oleh *boiler* relatif murni, yaitu mengandung H<sub>2</sub>O saja, maka jumlah zat-zat atau solute di dalam *boiler* semakin lama semakin bertambah jumlahnya. Akibat akumulasi dari zat-zat tersebut akan menyebabkan endapan atau kerak. Kerak ini akan mengubah tegangan muka sehingga dapat memungkinkan terjadinya *carry-over*.

### 3. Air sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk kebutuhan air minum, laboratorium, kantor dan domestik. Untuk persyaratan air sanitasi ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990.

#### 7.2.3 Pengolahan Air

Sumber air untuk pabrik pembuatan garam farmasi dari garam rakyat ini diperoleh dari Sungai Tallo, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Adapun kualitas air Sungai Tello dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7.6 Kualitas Air Sungai Tallo

Parameter	Satuan	Kadar
Suhu	C	29
PH	mg/L	7,89
Kadmium (Cd <sup>+</sup> )	mg/L	0,03
Timbal (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0,019
Merkuri (Hg <sup>2+</sup> )	mg/L	0,0005
Nitrit (NO <sup>2-</sup> )	mg/L	0,04
Nitrat (NO <sup>3-</sup> )	mg/L	1,25
Klorida (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	0,13
Sianida (CN <sup>-</sup> )	mg/L	<0.001
Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S <sup>-</sup> )	mg/L	0,008
T-P (Phosporus/ PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0,047
Fenol (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH)	µg/L	<1
TDS ( <i>Total Dissolve Oxygen</i> )	mg/L	68
TSS ( <i>Total Suspended Solid</i> )	mg/L	<3
BOD ( <i>Biological Oxygen Demand</i> )	mg/L	2,8
COD ( <i>Chemical Oxygen Demand</i> )	mg/L	8
DO ( <i>Dissolve Oxygen</i> )	mg/L	6,7
Minyak dan lemak	µg/L	<50
MBAS (detergen)	µg/L	<10
Fecal Coliform	ml	430

(Sumber : Dinas LH Kota Makassar, 2022)



Untuk menjamin kelangsungan penyediaan air, maka di lokasi pengambilan air dibangun fasilitas penampungan air yang juga merupakan tempat pengolahan awal air sungai. Pengolahan ini meliputi penyaringan sampah dan kotoran yang terbawa bersama air yang akan digunakan. Selanjutnya air dipompakan ke lokasi pabrik untuk diolah dan digunakan sesuai dengan keperluannya masing-masing. Pengolahan air pada pabrik pembuatan garam farmasi terdiri dari lima tahap, yaitu:

1. *Screening*
2. Sedimentasi
3. Klarifikasi
4. Demineralisasi
5. Daerasi

Berikut penjelasan dari masing-masing tahap pengolahan air diatas :

1. *Screening*

Sebelum mengalami proses pengolahan, air dari sungai harus mengalami pembersihan awal agar proses selanjutnya dapat berlangsung dengan lancar. Air laut dilewatkan screen (penyaringan awal) berfungsi untuk menahan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti kayu, ranting, daun, sampah dan sebagainya, kemudian dialirkan ke bak pengendapan.

2. Sedimentasi

Setelah air disaring pada tahap screening, di dalam air tersebut masih terdapat partikel-partikel padatan kecil. Untuk menghilangkan padatan-padatan tersebut, maka air yang sudah disaring tadi dimasukkan ke dalam bak sedimentasi untuk mengendapkan partikel-partikel padatan yang tidak terlarut.

3. Klarifikasi

Air dari screening dialirkan ke dalam clarifier untuk melewati proses klarifikasi. Klarifikasi merupakan proses penghilangan kekeruhan di dalam air. Pada proses pengolahan air tahap klarifikasi terdiri dari koagulasi dan flokulasi.

Koagulasi adalah proses pengolahan air/limbah cair dengan cara menstabilasi partikel-partikel koloid untuk memfasilitasi pertumbuhan partikel selama flokulasi, sedangkan flokulasi adalah proses pengolahan air dengan cara mengadakan kontak diantara partikel-partikel koloid yang telah mengalami destabilisasi sehingga ukuran partikel-partikel tersebut bertambah menjadi

partikel-partikel yang lebih besar (Kiely, 1997).

Koagulasi / flokulasi diperlukan untuk menghilangkan material pengotor pada air yang berbentuk suspensi atau koloid. Koloid merupakan partikel-partikel berdiameter sekitar 1 nm ( $10^{-7}$  cm) hingga 0,1 nm ( $10^{-8}$  cm). Partikel-partikel ini tidak dapat mengendap dalam periode waktu tertentu sehingga tidak dapat dihilangkan dengan proses perlakuan fisika biasa. Dalam tahap klarifikasi  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (alum) digunakan sebagai koagulan.

Setelah pencampuran yang disertai pengadukan maka akan terbentuk flok-flok yang akan mengendap ke dasar clarifier karena pengaruh gaya gravitasi, sedangkan air jernih akan keluar melimpah (overflow) yang selanjutnya akan masuk ke tangki utilitas.

Perhitungan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  yang diperlukan:

Pemakaian larutan alum umumnya hingga 50 ppm terhadap jumlah air yang akan diolah (Bauman, 1971).

Total kebutuhan air	= 2.749,46 kg/jam
Pemakaian larutan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	= 50 ppm
Larutan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ yang dibutuhkan	= $50 \cdot 10^{-6} \times 2.749,46 \text{ kg/jam}$
	= 0,137 kg/jam

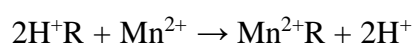
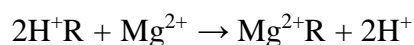
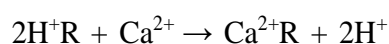
#### 4. Demineralisasi

Air untuk umpan ketel dan pendingin pada reaktor harus murni dan bebas dari garam-garam terlarut yang terdapat didalamnya. Untuk itu perlu dilakukan proses demineralisasi. Alat demineralisasi terdiri atas penukar kation (cation exchanger) dan penukar anion (anion exchange).

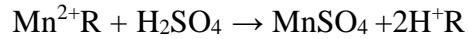
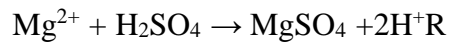
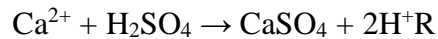
##### a. Penukar kation

Penukar kation berfungsi untuk mengikat logam-logam alkali dan mengurangi kesadahan air yang digunakan. Proses yang terjadi adalah pertukaran antara kation Ca, Mg dan kation lain yang larut dalam air dengan kation dari resin. Resin yang digunakan bertipe gel dengan merek IRR-122 (Lorch, 1981).

Reaksi yang terjadi:



Untuk regenerasi dipakai  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan reaksi:



Perhitungan kesadahan kation :

Total kesadahan kation	= 0,0495 ppm	= 0,0029 gr/gal
Jumlah air yang akan diolah	= 233,079 kg/jam	= 61,572 gal/jam
Kesadahan air	= 0,0029 gr/gal x 61,572 gal/jam x 24 jam	
	= 4,2777 gr/hari	= 0,004 kg/hari

Perhitungan ukuran cation exchanger :

Jumlah air yang akan diolah = 61,572 gal/jam

Dari tabel 12.4 Flynn (1979) diperoleh data-data berikut :

Diameter penukar kation	= 2 ft
Luas penampang penukar kation	= 3,14 ft <sup>2</sup>

Jumlah penukar kation = 1 unit

Volume resin yang diperlukan :

Total kesadahan air = 0,004 kg/hari

Dari tabel 12.2 Flynn (1979) diperoleh :

Kapasitas resin	= 10 kg/ft <sup>3</sup>
Kebutuhan regenerant	= 1.900 lb $\text{H}_2\text{SO}_4$ /ft <sup>3</sup>
Kebutuhan resin	= 0,004 kg/hari / 10 kg/ft <sup>3</sup> = 0,0004
Tinggi resin	= 2,5 ft (Dari tabel 12.4 Flynn (1979))
Volume resin	= 2,5 ft x 3,14 ft = 7,85 ft <sup>3</sup>
Waktu regenerasi	= (7,85 ft <sup>3</sup> x 10 kg/ft <sup>3</sup> ) / 0,004 kg/hari
	= 18.351 hari

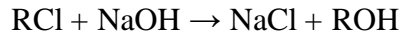
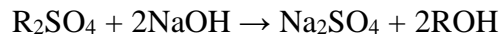
Kebutuhan regenerant  $\text{H}_2\text{SO}_4$  = 0,004 x (10 x 1900)  
= 0,813 lb/hari = 0,369 kg/hari

#### b. Penukar Anion (anion exchanger)

Penukar anion berfungsi untuk menukar anion yang terdapat dalam air dengan ion hidroglisat dari resin. Resin yang digunakan bermerk IRA-410. Resin ini merupakan kopolimer stirena DVB (Lorch, 1981). Reaksi yang terjadi:



Untuk regenerasi dipakai larutan NaOH dengan reaksi:



Perhitungan kesadahan anion :

Air sungai mengandung anion (Tabel 7.3)

Total kesadahan anion	= 1,475 ppm	= 0,0863 gr/gal
Jumlah air yang akan diolah	= 233,079 kg/jam	= 61,572 gal/jam
Kesadahan air	= 0,086 gr/gal x 61,572 gal/jam x 24 jam	
	= 127,465 gr/hari	= 0,127 kg/hari

Perhitungan ukuran anion exchanger :

Jumlah air yang akan diolah = 61,572 gal/jam

Dari tabel 12.4 Flynn (1979) diperoleh data-data berikut :

Diameter penukar anion = 2 ft

Luas penampang penukar anion = 3,14 ft<sup>2</sup>

Jumlah penukar anion = 1 unit

Volume resin yang diperlukan :

Total kesadahan air = 0,127 kg/hari

Dari tabel 12.2 Flynn (1979) diperoleh :

Kapasitas resin = 10 kg/ft<sup>3</sup>

Kebutuhan regenerant = 60 lb NaOH/ft<sup>3</sup>

Kebutuhan resin = 0,127 kg/hari / 10 kg/ft<sup>3</sup> = 0,0012

Tinggi resin = 2,5 ft (Dari tabel 12.4 Flynn (1979))

Volume resin = 2,5 ft x 3,14 ft = 7,85 ft<sup>3</sup>

Waktu regenerasi = (7,85 ft<sup>3</sup> x 10 kg/ft<sup>3</sup>) / 0,0012 kg/hari  
= 654,167 hari

Kebutuhan regenerant NaOH = 0,127 x (10 x 60)

= 0,765 lb/hari = 0,347 kg/hari

## 5. Deaerasi

Deaerator berfungsi untuk memanaskan air yang keluar dari alat penukar ion (ion exchanger) dan kondensat bekas sebelum dikirim sebagai air umpan ketel. Pada deaerator ini, air dipanaskan hingga 90°C agar gas-gas yang

terlarut dalam air, seperti O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> dapat dihilangkan, sebab gas - gas tersebut dapat menimbulkan suatu reaksi kimia yang menyebabkan terjadinya bintik-bintik yang semakin menebal dan menutupi permukaan pipa-pipa dan hal ini akan menyebabkan korosi pada pipa-pipa ketel. Pemanasan dilakukan dengan menggunakan koil pemanas di dalam deaerator.

Untuk air proses, masih diperlukan pengolahan lebih lanjut, yaitu proses softener dan daerasi. Untuk air domestik, laboratorium, kantin, tempat ibadah, serta poliklinik, dilakukan proses klorinasi, yaitu mereaksikan air dengan klor untuk membunuh kuman-kumandi dalam air. Klor yang digunakan biasanya berupa kaporit, Ca(ClO)<sub>2</sub>.

Total kebutuhan air yang memerlukan proses klorinasi = 1.783,333 kg/jam

Kaporit yang digunakan mengandung klorin = 70%

Kebutuhan klor = 2 ppm berat air

(Gordon, 1968)

$$\text{Total kebutuhan Ca(ClO)}_2 = \frac{2 \cdot 10^{-6} \times 1.783,33 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{0,7} = 0,05 \text{ kg/jam}$$

Kebutuhan bahan kimia pada pabrik pembuatan garam farmasi adalah sebagai berikut:

1. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (Alum) = 1,080 kg/jam
2. Ca(ClO)<sub>2</sub> (Kaporit) = 0,005 kg/jam
3. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 0,369 kg/hari
4. NaOH = 0,347 kg/hari

### 7.3 Unit Pembangkit Listrik

Berfungsi sebagai tenaga penggerak untuk peralatan proses maupun penerangan. Listrik diperoleh dari PLN dan Generator sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan. Perincian kebutuhan listrik diperkirakan sebagai berikut:

#### 1. Unit proses

Daya yang dibutuhkan pada unit proses sebesar 58,5 Hp dengan rincian sebagai berikut:

Table 7.7 kebutuhan Daya pada Unit proses

No.	Nama Alat	Kebutuhan Daya (hp)
1	Pompa tangki air	2
2	pompa Mixer -01	3
3	pompa Mixer 02	2
4	Pompa Reaktor	1,5
5	Reaktor	2
6	Pompa Thickener	2
7	Pompa Nano filtrasi	2
8	Pompa Evaporator	3,2
9	Pengaduk reaktor	3
10	Kristalizer	1
11	Pompa Kristalizer	1
12	Sentrifuse	2
13	Screw conveyer sentrifuse	1
14	Rotary dryer	1
15	Screw conveyer Rotary dryer	1
16	Belt conveyer	1
17	Bucket elevator	1
18	Mixer	4
Total Daya		30

2. Unit utilitas, daya yang dibutuhkan pada unit utilitas sebesar 26 hp dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 7.8 Kebutuhan Daya pada Unit Utilitas

No.	Nama Alat	Kebutuhan Data (hp)
1	Pompa screening	0.1
2	Pompa sedimentasi	0.1
3	Tangki pelarut alum	0.05
4	Pompa alum	0.25
5	Clarifier	0.05
6	Pompa Clarifier	0.1
7	Pompa cation exchanger	0.1
8	Tangki pelarut asam sulfat	0.1
9	Pompa asam sulfat	1
10	Penukar anion exchanger	2
11	Tangki pelarut NaOH	1.2
12	Pompa NaOH	1
13	Pompa anion exchanger	0.25
14	Pompa tangki utilitas	0.5
15	Pompa menara pendingin	0.25
16	Tangki kaporit	0.25
17	Pompa kaporit	0.25
18	Pompa tangki utilitas	2.5
19	Pompa domestik	2.5
20	Pompa daerator	1
Total Daya		14

3. Ruang kontrol dan laboratorium = 10 hp

4. Penerangan dan kantor = 10 hp

5. Bengkel = 15 hp

Total kebutuhan listrik = 30 + 14 + 10 + 10 + 15

= 79 Hp x 0,7457 Kw/Hp = 58,9103 kW

Untuk cadangan 20%

= 1,2 x 58,9103 kW = 70,6923 kW

Efisiensi generator 80% maka:

Daya output generator = 100 kW

Kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN dan generator sebagai cadangannya.

#### 7.4 Unit Penyediaan bahan bakar

Bahan bakar yang digunakan untuk furnace, boiler dan generator pembangkit tenaga listrik adalah minyak solar karena minyak solar efisien dan mempunyai nilai bakar yang tinggi.

Keperluan bahan bakar generator :

Nilai bahan bakar solar = 19.860 Btu/lbm (Perry, 1997)

Daya output generator = 132,641 kW

Daya generator yang dihasilkan :

$$\begin{aligned} &= 132,641 \text{ kW} \times (0,9478 \text{ Btu/det})/\text{kW} \times 3.600 \text{ det/jam} \\ &= 452.583,025 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

Kebutuhan solar :

$$\begin{aligned} &= 452.583,025 \text{ Btu/jam} / 19,860 \text{ Btu/lbm} \times 0,45359 \text{ kg/lbm} \\ &= 11,614 \text{ kg/jam} = 11,614 \text{ L/jam} \end{aligned}$$

Keperluan bahan bakar ketel uap :

Uap yang dihasilkan ketel uap = 1.515,012 kg/jam

Panas laten saturated steam (120°C) = 2.201,600 kJ/kg (Reklaitis, 1983)

Panas yang dibutuhkan ketel :

$$\begin{aligned} &= (1.515,012 \text{ kg/jam} \times 2.201,600 \text{ kJ/kg}) / (1,05506 \text{ kJ/Btu}) \\ &= 3.161.384,780 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

Efisiensi ketel uap = 75%

Panas yang harus disuplai ketel :

$$\begin{aligned} &= (3.161.384,780 \text{ Btu/jam}) / 0,75 \\ &= 4.215.179,707 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

Kebutuhan solar :

$$\begin{aligned} &= (4.215.179,707 \text{ Btu/jam} / 19.860 \text{ Btu/lbm}) \times 0,45359 \text{ kg/lbm} \\ &= 96,272 \text{ kg/jam} = 108,171 \text{ L/jam} \end{aligned}$$

Keperluan bahan bakar furnace :

Net release heat = 200.184,959 Btu/jam



$$\begin{aligned}
\text{Lower heating value (LHv)} &= 51.573,5631 \text{ Btu/jam} && (\text{Perry, P.9-18}) \\
\text{Kebutuhan solar} &= (20.0184,959 \text{ Btu/jam}) / (51.573,5631 \text{ Btu/jam}) \\
&= 3,882 \text{ lb/jam} \\
&= 1,760 \text{ kg/jam} = 1,978 \text{ L/jam} \\
\text{Total kebutuhan solar} &= 11,614 \text{ L/jam} + 108,171 \text{ L/jam} + 1,978 \text{ L/jam} \\
&= 121,763 \text{ L/jam}
\end{aligned}$$

## 7.5 Unit Pengolahan Limbah

Dalam kegiatan industri, air limbah akan mengandung zat-zat atau kontaminan yang dihasilkan dari sisa bahan baku, sisa pelarut atau bahan aditif, produk terbuang atau gagal, pencucian dan pembilasan peralatan, *blowdown* beberapa peralatan seperti *kettle boiler* dan sistem air pendingin, serta *sanitary wastes*. Agar dapat memenuhi baku mutu, industri harus menerapkan prinsip pengendalian limbah secara cermat dan terpadu baik di dalam proses produksi (*in-pipe pollution prevention*) dan setelah proses produksi (*end-pipe pollution prevention*).

Pengendalian dalam proses produksi bertujuan untuk meminimalkan volume limbah yang ditimbulkan, juga konsentrasi dan toksisitas kontaminannya. Sedangkan pengendalian setelah proses produksi dimaksudkan untuk menurunkan kadar bahan pencemar sehingga pada akhirnya air tersebut memenuhi baku mutu yang sudah ditetapkan. Demi kelestarian lingkungan hidup, maka setiap pabrik harus mempunyai unit pengolahan limbah (Hidayat, 2008).

Pengontrolan air limbah (*wastewater*) haruslah dimulai dengan suatu pengertian akan sumbernya dan efek yang terjadi dengan adanya polutan yang terdapat didalamnya. Lalu dilanjutkan dengan langkah penganalisaan sumber polutannya (Pohan, 2010). Pada pabrik pembuatan asetanilida, unit pengolahan limbah dirancang untuk mengubah suatu kondisi air limbah yang merupakan buangan dari berbagai proses menjadi kondisi yang dapat diterima oleh lingkungan disekitarnya. Sehingga aman dan tidak mencemari lingkungan. Sumber-sumber limbah cair pabrik pembuatan asetanilida ini meliputi :

- a. Limbah proses seperti buangan uap evaporator , *mother liquor* dari alat sentrifuse dan uap air dari *rotary dryer*.
- b. Limbah cair hasil pencucian peralatan pabrik. Limbah ini diperkirakan mengandung kerak dan kotoran-kotoran yang melekat pada peralatan pabrik.

- c. Limbah domestik. Limbah ini mengandung bahan organik sisa pencernaan yang berasal dari kamar mandi di lokasi pabrik, serta limbah dari kantin berupa limbah padat dan limbah cair.
- d. Limbah laboratorium. Limbah yang berasal dari laboratorium ini mengandung bahan-bahan kimia yang digunakan untuk menganalisa mutu bahan baku yang dipergunakan dan mutu produk yang dihasilkan, serta yang dipergunakan untuk penelitian dan pengembangan proses.

Pengolahan limbah cair pada pabrik pembuatan garam farmasi ini dilakukan dengan menggunakan sistem *activated sludge* (sistem lumpur aktif), mengingat cara ini dapat menghasilkan *effluent* dengan BOD yang lebih rendah (20 – 30 mg/l) (Perry, 1997).

### **7.6 Unit Penyediaan Udara Tekan**

Udara tekan adalah satu cara untuk mengkonversi energi dengan cara memampatkan udara sekitar untuk berbagai keperluan. Hampir 90% industri menggunakan udara tekan untuk berbagai keperluan, salah satunya pada proses pemisahan gas (*separation gases*). Udara tekan digunakan untuk memindahkan partikel padat dan gas dari satu tempat ke tempat yang lain. Dengan pemindahan cara ini, partikel yang dipindahkan bisa dalam jumlah besar dan waktu singkat. Kebutuhan dan kondisi udara yang dibutuhkan diperoleh dari kompresor untuk pemakaian pada alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan adalah 18,691 m<sup>3</sup>/jam.

## Spesifikasi Peralatan Utilitas

### 1. Screening (SC-01)

Fungsi : Menyaring partikel-partikel padat yang besar.

Jenis : Bar screen

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Stainless Steel*

Kondisi operasi :

Temperatur : 30°C

Ukuran bar :

lebar bar : 5 mm

Tebal bar : 20 mm

Bar clear spacing : 20 mm

slope : 30°

Panjang screen : 2 m

Lebar screen : 2 m

Jumlah bar : 50 unit

### 2. Pompa Utilitas

Ada beberapa pompa utilitas, yaitu:

1. PU-01 : Memompa air sungai ke bak sedimentasi
2. PU-02 : Memompa air dari bak sedimentasi ke *clarifier*
3. PU-03 : Memompa alum dari tangki pelarutan alum ke *clarifier*
4. PU-04 : Memompa air dari *clarifier* ke sand filter
5. PU-05 : Memompa air dari sand filter ke tangki utilitas 1
6. PU-06 : Memompa air dari tangki utilitas 1 ke cation exchanger
7. PU-07 : Memompa asam sulfat dari tangki pelarutan asam sulfat ke kation exchanger
8. PU-08 : Memompa air dari kation exchanger ke anion exchanger
9. PU-09 : Memompa NaOH dari tangki pelarutan NaOH ke anion exchanger
10. PU-10 : Memompa air dari anion exchanger ke dearator
11. PU-11 : Memompa air dari tangki utilitas 1 ke water cooling tower
12. PU-12 : Memompa air pendingin dari menara pendingin untuk didistribusikan

13. PU-13 : Memompa larutan kaporit ke tangki utilitas 2  
 14. PU-14 : Memompa air dari tangki utilitas 1 ke tangki utilitas 2  
 15. PU-15 : Memompa air dari tangki utilitas 2 ke kebutuhan domestic  
 16. PU-16 : Memompa air dari daerator ke ketel uap

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Tabel 7. 9 Spesifikasi Pompa Utilitas

No	Pompa	Diameter Optimum (in)	Daya pompa standar (hp)	Daya pompa (hp)
1	PU-01	1.315	0.3	0,228
2	PU-02	1.315	0.3	0,228
3	PU-03	0.014	0.25	0,152
4	PU-04	1.315	0.1	0,092
5	PU-05	0.210	0.1	0,092
6	PU-06	0.062	1	0,092
7	PU-07	0.214	0.25	0,152
8	PU-08	0.027	1	0,092
9	PU-09	1.209	0.25	0,152
10	PU-10	0.210	0.5	0,415
11	PU-11	0.368	0.25	0,152
12	PU-12	1.036	0.25	0,152
13	PU-13	0.658	0.5	0,415
14	PU-14	0.611	0.5	0,415
15	PU-15	0.433	0.25	0,152
16	PU-16	1,0275	0,25	0,150

### 3. Sedimentasi

Fungsi : untuk mengendapkan lumpur yang terikut dengan air

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : Beton kedap air

Kondisi operasi :

Suhu = 30°C

Tekanan = 1 atm

Kedalaman tangki : 3,657 m

Lebar tangki : 0,609 m

Panjang Bak : 0,609 m

Waktu tinggal : 9 menit 9 detik

#### 4. Tangki pelarutan

Ada beberapa jenis tangki pelarutan, yaitu:

1. TP-01 : Tempat larutan alum
2. TP-02 : Tempat larutan asam sulfat
3. TP-03 : Tempat larutan NaOH
4. TP-04 : Tempat larutan kaporit

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade C*

Tabel 7.10 Spesifikasi Tangki Pelarut Utilitas

Tangki	Volume Tangki (m <sup>3</sup> )	Diameter Tangki (m)	Daya Pengaduk (hp)	Daya Standar (hp)
TP-01	0,2904	0,543	0,24	0,25
TP-02	0,00792	0,072	0,09	0,1
TP-03	0,0024	0,191	0,037	0,05
TP-04	0,00163	0,127	0,021	0,05

#### 5. Clarifier

Fungsi : memisahkan endapan (flok-flok) yang terbentuk karena penambahan alum dan soda abu

Bahan konstruksi : *Calbon Steel SA-283, Grade C*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

Suhu = 30°C

Tekanan = 1 atm

Diameter : 0,913 m

Tinggi : 1,37 m

Tebal shell : 0,187 in

Daya motor : 0,2 hp

6. Tangki sand filter

Fungsi : Tempat untuk menyaring endapan (flok-flok) yang masih terikat dengan air yang keluar dari bak *Clarifier*

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup ellipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade C*

Kondisi operasi :

Suhu = 30°C

Tekanan = 1 atm

Diameter : 2,39 m

Tinggi : 2,87 m

Tebal shell : 0,25 in

7. Tangki Utilitas

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade C*

Jumlah : 2 unit

Kondisi operasi :

Suhu = 30°C

Tekanan = 1 atm

Diameter : 3,07 m

Tinggi : 2,30 m

Tebal shell : 1,375 in

8. Penukar Kation/ cation exchanger (CE)

Fungsi : Mengurangi kesadahan air

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup ellipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade C*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

Suhu = 30°C  
Tekanan = 1 atm  
Diameter : 2 ft  
Tinggi : 0,9 m  
Tebal shell : 0,187 in

9. Penukar Anion / Anion Exchanger

Fungsi : Mengikat anion yang terdapat dalam air umpan boiler.

Bentuk : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah ellipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade C*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

Suhu = 30°C

Tekanan = 1 atm

Diameter : 0,45 m

Tinggi : 0,68 m

Tebal shell : 1,5 in

10. Daerator

Fungsi : Menghilangkan gas-gas yang terlarut dalam air umpan boiler.

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-287, Grade C*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

Suhu = 30°C

Tekanan = 1 atm

Diameter : 0,72 m

Tinggi : 1,08 m

Tebal shell : 0,2 in

11. Ketel uap (Boiler )

Fungsi : Menyediakan uap untuk keperluan proses

Jenis : Ketel pipa api

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

Suhu = 180 °C

Tekanan = 1 atm

Panjang tube : 18 ft

Diameter : 1,5 in

Jumlah tube : 19 unit

12. Menara pendingin / water cooling tower (CT)

Fungsi : Mendinginkan air pendingin bekas dari temperature 30°C menjadi 25°C

Jenis : Mechanical Draft cooling tower

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-53 Grade B*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

Suhu air masuk menara = 30 °C

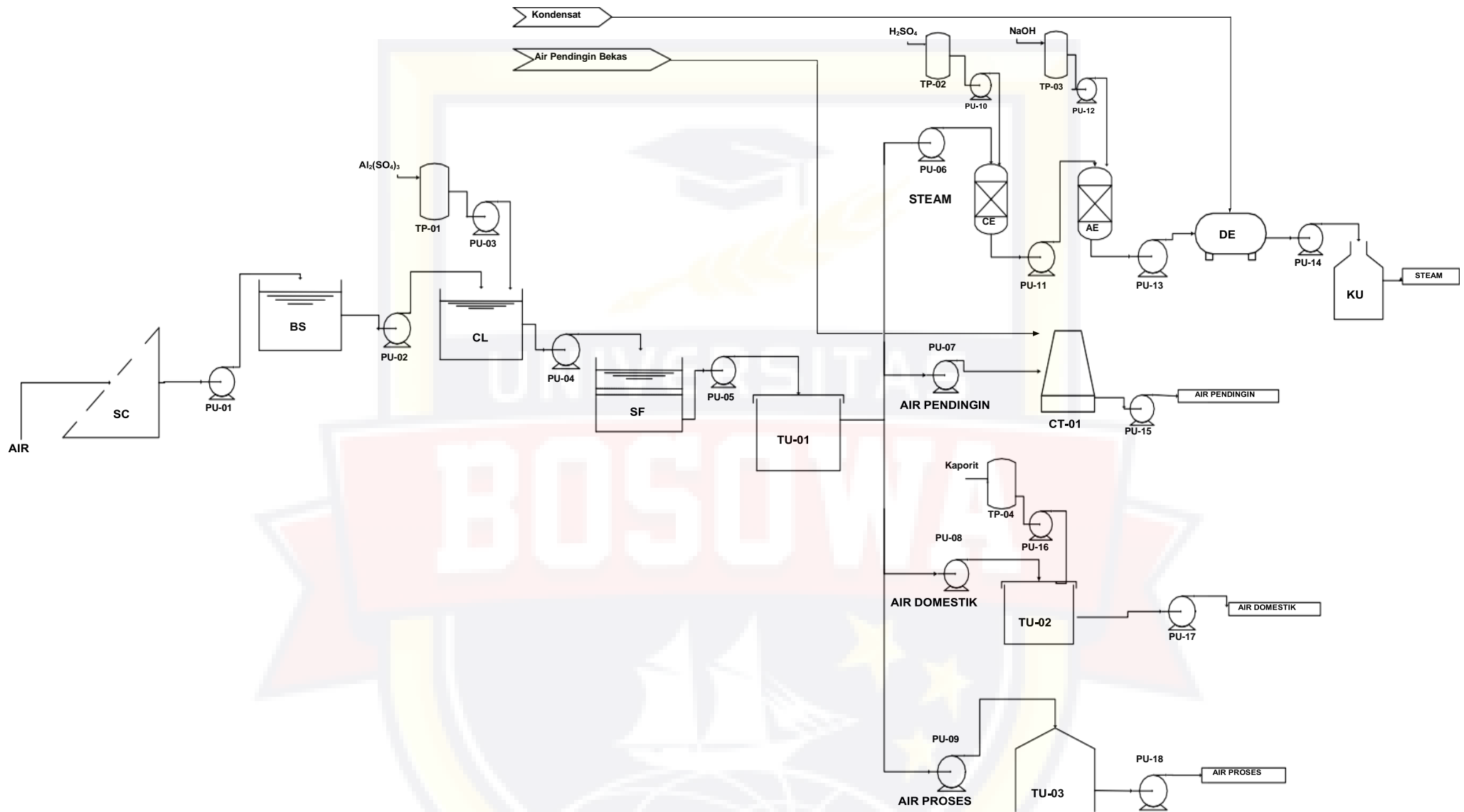
Suhu air keluar menara = 25 °C

Panjang : 6 ft

Lebar : 6 ft

Tinggi : 6 ft





Gambar 7.1 Flowsheet Unit Pengolahan Air

## BAB VIII

### LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

#### 8.1 lokasi pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu yang paling penting untuk kelangsungan operasi suatu pabrik yang akan didirikan. Lokasi pabrik sangat berpengaruh untuk suatu industri baik terhadap factor produksi maupun distribusi serta kemungkinan pengembangan dimasa yang akan datang. Pemilihan lokasi pabrik harus tepat berdasarkan perhitungan biaya produksi dan distribusi yang minimal serta pertimbangan sosiologi dan budaya masyarakat di sekitar lokasi pabrik (Peters, 2004).

Dalam menentukan lokasi pabrik hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik adalah :

##### 1. Transportasi

Tata letak pabrik harus memperhatikan kelancaran distribusi bahan baku, proses, maupun produk.

##### 2. Luas Area

Penempatan alat proses, bangunan perkantoran, sarana-sarana penunjang diusahakan sesuai dengan luas area yang tersedia. Pada perancangan diusahakan agar luas area yang akan digunakan seefektif mungkin.

##### 3. Keamanan

Bangunan perkantoran hendaknya berjauhan dengan instalasi proses, hal ini didasarkan pada faktor keamanan (untuk mencegah akibat yang buruk apabila terjadi ledakan maupun kebakaran).

##### 4. Kelancaran Proses

Letak antar bangunan maupun instalasi proses dirancang sedemikian rupa agar tata letaknya memperlancar jalannya proses / kegiatan di lingkungan pabrik.

##### 5. Kemungkinan Perluasan Pabrik

Penyediaan luas area tertentu dilakukan untuk kemungkinan perluasan pabrik di masa yang akan datang.

Berdasarkan factor-faktor tersebut, maka lokasi pabrik garam farmasi direncanakan di Kota Makassar Sulawesi Selatan - Indonesia.

Dasar pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik:

#### 1. Bahan Baku

NaCl atau garam lokal merupakan bahan baku utama pembuatan garam industri. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil garam lokal terbesar di dunia. Garam farmasi termasuk *Weight Loss*, yaitu produk yang dihasilkan lebih ringan dibandingkan dengan bahan bakunya. Maka dengan pertimbangan demikian, pembangunan pabrik garam farmasi lebih menguntungkan dibangun dekat dengan lokasi bahan baku. Pembangunan pabrik ini dibangun di Makassar karena dekat dengan bahan bakunya yakni dari Jeneponto, Kep. Selayar, Takalar, Maros, dan Pangkep. Bahan baku pendukung lainnya dalam proses pembuatan garam industri adalah NaOH dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang dapat dari PT Asahimas Subentra Chemical Cilegon.

#### 2. Pemasaran

Garam farmasi banyak digunakan di industri obat-obatan. Pabrik garam farmasi di Indonesia sendiri hanya terdapat satu pabrik yaitu PT Garam Farmasi milik PT Kimia Farma, Tbk yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan garam farmasi di Indonesia. Pabrik Industri obat-obatan di Sulawesi selatan banyak terletak di daerah Kawasan Industri Makassar. Selain dipasarkan di dalam negeri, produk dari pabrik garam farmasi ini juga nantinya akan di ekspor ke luar negeri. Makassar merupakan salah satu daerah yang didukung dengan transportasi memadai dan dekat dengan Pelabuhan sehingga memudahkan untuk memasarkan produk garam farmasi nantinya.

#### 3. Utilitas

Lokasi pabrik yang dipilih mempunyai sumber air yang memadai. Utilitas yang diperlukan meliputi air, bahan bakar, dan listrik. Untuk memenuhi kebutuhan air, sumber air yang digunakan berasal dari sungai Tallo yang mengalir di sekitar pabrik. Pembangkit listrik utama diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan generator diesel digunakan sebagai kebutuhan listrik cadangan.

#### 4. Tenaga Kerja

Tenaga kerja dapat diperoleh dengan mudah, baik dari sekitar Sulawesi selatan maupun luar daerah sesuai dengan kriteria dan ketrampilan yang ditetapkan oleh pabrik.

## 5. Transportasi dan Telekomunikasi

Transportasi dan telekomunikasi di Makassar tergolong mudah untuk dijangkau, sehingga tidak terdapat kendala dalam proses pengangkutan. Makassar juga dekat dengan pelabuhan Soekarno Hatta Makassar sehingga memudahkan proses pemasaran ke luar negeri. Sarana dan prasarana lainnya seperti transportasi darat berupa kereta api, dan transportasi udara berupa Bandara Udara Internasional. Sedangkan sarana pelayanan telekomunikasi telah disediakan dengan baik dan lengkap oleh PT. Telkom.

## 6. Iklim dan Geografis

iklim di Indonesia terdiri dari 2 musim, yaitu musim hujan dan tropis menunjang untuk berdirinya industri. Kondisi geografis daerah Sulawesi Selatan sangat mendukung karena jarang sekali terjadi bencana alam seperti gempa bumi dan gunung meletus.

## 7. Peraturan Daerah dan Keadaan Masyarakat

Dalam mendirikan suatu bangunan haruslah dilengkapi dengan surat-surat dari instansi terkait yakni Pemda atau badan pertanahan setempat. Demikian juga dengan keadaan masyarakat di sekitar pabrik akan menguntungkan jika pemerintah daerah dimana pabrik itu berdiri memberikan kemudahan atau fasilitas kepada pihak pabrik.

## 8. Sarana Penunjang lainnya

Sarana penunjang lainnya, seperti sarana pendidikan, tempat ibadah, perumahan, sarana kesehatan, olahraga, hiburan, dan lain-lainnya harus ada di sekitar lokasi pabrik sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup masyarakat.

### 8.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga penggunaan area pabrik harus dipikirkan dan dipersiapkan untuk meningkatkan keselamatan, keamanan dan kenyamanan dalam segala aspek. Secara umum tujuan perencanaan tata letak pabrik adalah untuk mendapatkan kombinasi yang optimal antara fasilitas-fasilitas produksi. Dengan adanya kombinasi yang optimal ini diharapkan proses produksi akan berjalan lancar dan para karyawan juga akan selalu merasa

senang dengan pekerjaannya.

Tata letak pabrik adalah suatu perencanaan dan pengintegrasian aliran dari komponen-komponen produksi suatu pabrik, sehingga diperoleh suatu hubungan yang efisien dan efektif antara operator, peralatan dan gerakan material dari bahan baku menjadi produk.

Disain yang rasional harus memasukkan unsur lahan proses, storage (persediaan) dan lahan alternatif (areal handling) dalam posisi yang efisien dan dengan mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut (Peters, 2004):

1. Urutan proses produksi.
2. Pengembangan lokasi baru atau penambahan / perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
3. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, steam proses, tenaga listrik dan bahan baku
4. Pemeliharaan dan perbaikan.
5. Keamanan (safety) terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.
6. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
7. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.
8. Masalah pembuangan limbah cair.
9. Service area, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan memberikan beberapa keuntungan, seperti (Peters, 2004) :

1. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga mengurangi material handling.
2. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perbaikan mesin dan peralatan yang rusak
3. Mengurangi ongkos produksi.
4. Meningkatkan keselamatan kerja.

5. Mengurangi kerja seminimum mungkin.
6. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik.

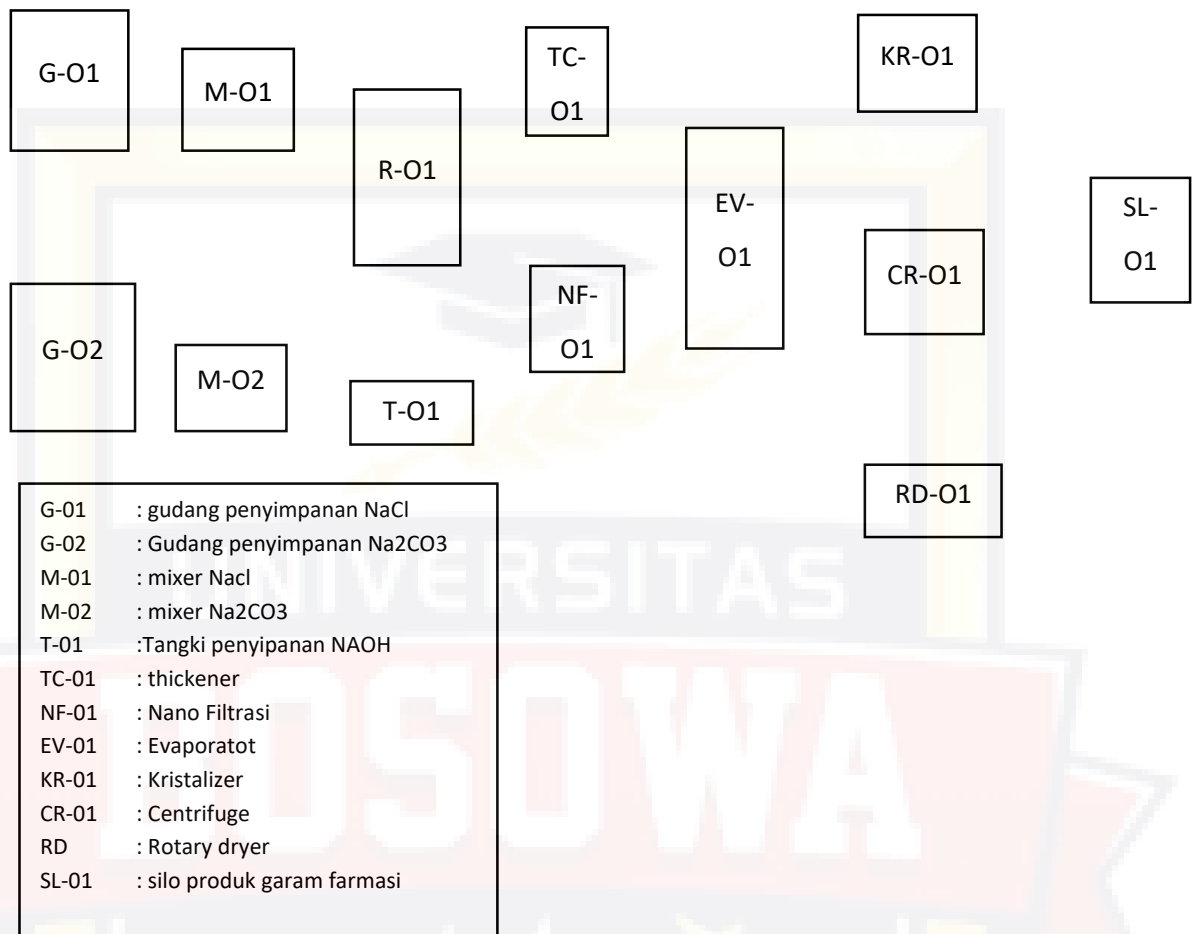
Dalam mendirikan suatu pabrik, luas tanah yang digunakan harus diperincikan secara optimal. Perincian luas areal didasarkan atas perkiraan luas tanah yang dibutuhkan pada masing-masing unit. Untuk menentukan luas tanah yang dibutuhkan harus dibentuk suatu tim khusus untuk mengevaluasi penggunaan tanah.

Tabel 8.1 Perincian Luas Tanah

No	Nama Bangunan	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Pos Jaga	20
2	Rumah Timbang	20
3	Parkir	150
4	Taman	10
5	Area Bahan Baku	200
6	Ruang Kontrol	20
7	Area Proses	800
8	Area Produk	100
9	Perkantoran	100
10	Laboratorium	80
11	Poliklinik	40
12	Kantin	60
13	Ruang Ibadah	30
14	Gudang Peralatan	40
15	Bengkel	70
16	Unit Pemadam Kebakaran	40
17	Gudang Bahan	150
18	Unit Pengolahan Air	100
19	Pembangkit Uap	30
20	Pembangkit Listrik	110
21	Unit Pengolahan Limbah	150
22	Area Perluasan	200
23	Jalan	400
24	Areal Antar Bangunan, dan lainnya	150
	Total	1.800



Gambar 8.1 Tata Letak Pabrik Garam Farmasi



Gambar 8.2 Tata Letak Alat Proses



## BAB IX

### INSTRUMEN DAN KESELAMATAN KERJA

#### 9.1 Instrumen

Instrumentasi merupakan peralatan yang sangat penting dalam mengamati, mengontrol, dan mengendalikan proses produksi suatu industri. Pengontrolan atau pengendalian proses dipasang pada unit pabrik yang benar-benar memerlukan pengontrolan atau pengendalian secara cermat dan akurat agar kapasitas produksi sesuai yang diharapkan. Pemilihan dan penempatan alat pengendali ini sangat penting karena menyangkut harga alat yang cukup mahal. Instrumentasi dapat dibedakan berdasarkan proses kerjanya, antara lain :

1. Manual atau *indicator*, yaitu alat pengamatan yang dipasang pada alat proses dimana kondisi prosesnya tidak memerlukan ketelitian. Pada peralatan proses ini hanya dipasang penunjuk atau pencatat saja yang bisa berupa penunjuk (*indicator*) atau perekam (*recorder*).
2. Otomatis, yaitu *controller* yang dipasang pada alat proses dimana kondisi prosesnya memerlukan ketelitian kondisi prosesnya. Perubahan kondisi proses sedikit saja akan mempengaruhi produk baik kualitas maupun kuantitasnya sehingga alat proses ini perlu dipasang alat pengendali (*controller*).

Dengan penggunaan alat-alat kontrol ini diharapkan tercapai hal-hal sebagai berikut :

1. Dapat menjaga variabel proses pada operasi yang dikehendaki.
2. Laju produksi dapat diatur dalam batas-batas yang aman.
3. Kualitas produksi lebih terjamin.
4. Membantu mempermudah pengoperasian suatu alat.
5. Kondisi-kondisi yang berbahaya dapat diketahui secara dini melalui alarm peringatan sehingga lebih terjamin keselamatan kerja.
6. Efisiensi akan lebih meningkat.

Beberapa alat kontrol atau instrumen yang digunakan pada pabrik garam farmasi sebagai berikut :

1. *Pressure Controller (PC)*, untuk mengatur, mengontrol dan mengendalikan tekanan operasi.

2. *Pressure Indicator* (PI), untuk mengetahui atau melihat secara langsung tekanan operasi pada peralatan proses.
3. *Temperature Controller* (TC), untuk mengatur, mengontrol dan mengendalikan temperatur operasi.
4. *Temperature Indicator* (TI), untuk mengetahui secara langsung temperatur operasi dari alat-alat produksi.
5. *Temperature Indicator Controller* (TIC), untuk melihat secara langsung temperatur, sekaligus mengontrol dan mengendalikan temperatur operasi.
6. *Level Controller* (LC), untuk mengontrol ketinggian permukaan cairan dalam peralatan.
7. *Level Indicator* (LI), untuk melihat tinggi permukaan cairan dalam suatu alat operasi.
8. *Flowrate Controller* (FC), untuk mengontrol laju alir bahan ke dalam suatu peralatan proses.

## **9.2 Keselamatan Kerja**

Dalam suatu lingkungan pabrik, keselamatan kerja harus mendapat perhatian yang cukup besar dan tidak boleh diabaikan menyangkut keselamatan manusia dan kelancaran kerja. Dengan memperhatikan keselamatan kerja yang baik dan teratur, secara psikologis dapat meningkatkan konsentrasi pekerja sehingga pada akhirnya produktifitas dan efisiensi kerja meningkat pula. Usaha untuk menjaga keselamatan kerja bukan semata-mata ditujukan pada faktor manusia saja, tapi juga pada peralatan pabrik. Dengan terpeliharanya peralatan proses, maka peralatan pabrik dapat beroperasi dalam jangka waktu yang sama.

Unsur Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan salah satu aspek yang mendapat perhatian dalam pembangunan ketenagakerjaan. Dijelaskan dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 tahun 1992, pasal 23 (ayat 1) bahwa kesehatan kerja diselenggarakan agar setiap pekerja dapat bekerja secara sehat tanpa membahayakan diri sendiri dan masyarakat sekelilingnya, agar diperoleh produktivitas kerja yang optimal sejalan dengan program perlindungan tenaga kerja.

Berkaitan dengan itu, pemerintah mendorong pelaksanaan program keselamatan dan kesehatan kerja di perusahaan-perusahaan industri serta

mengusahakan agar keselamatan dan kesehatan kerja dapat menjadi naluri dan budaya masyarakat. Berbagai upaya untuk menciptakan K3 telah dilakukan, antara lain melalui perundang-undangan seperti Undang-Undang Keselamatan Kerja Nomor 1 Tahun 1970 yang mewajibkan setiap perusahaan melaksanakan usaha-usaha keselamatan dan kesehatan kerja, juga melalui kampanye K3 sejak bulan Januari 1993, pembentukan P2K3 (Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja) di setiap perusahaan, penyediaan alat-alat pengaman dan peralatan K3, pengadaan tenaga ahli K3 dan sebagainya. Apabila keselamatan kerja diperhatikan dan dilaksanakan dengan baik maka dampaknya adalah para pekerja dapat bekerja dengan perasaan aman, sehingga meningkatkan efisiensi kerja.

Pada umumnya bahaya-bahaya yang terjadi pada suatu pabrik dapat disebabkan karena kecelakaan mesin-mesin pabrik, kebocoran bahan-bahan yang berbahaya, peledakan, kebakaran. Usaha untuk mengurangi dan mencegah terjadinya bahaya yang timbul di dalam pabrik antara lain :

#### 1. Bangunan Pabrik

Bangunan pabrik meliputi gedung maupun unit peralatan :

- a. Konstruksi gedung harus mendapat perhatian yang cukup besar.
- b. Perlu memperhatikan kelengkapan peralatan penunjang untuk pengamanan terhadap bahaya alamiah, seperti untuk bangunan yang tinggi dipasang penangkal petir, bahaya alamiah lain seperti angin dan gempa. Oleh karena itu perusahaan bekerja sama dengan pemerintah setempat dalam hal ini Badan Meteorologi dan Geofisika agar dapat mengetahui lebih awal tentang bahaya alamiah tersebut.

#### 2. Ventilasi

Pada ruang proses maupun ruang lainnya, pertukaran udara diusahakan berjalan baik sehingga dapat memberikan kesegaran kepada karyawan serta dapat menghindari gangguan pernapasan.

#### 3. Perpipaan

Jalur proses yang terletak di atas tanah lebih baik dibandingkan yang letaknya dibawah permukaan tanah, karena hal tersebut akan mempermudah pendeteksian terjadinya kebocoran.

#### 4. Alat-alat penggerak

Peralatan yang bergerak hendaknya ditempatkan pada tempat yang tertutup. Hal ini untuk mempermudah penanganan dan perbaikan serta menjaga keamanan dan keselamatan para pekerja.

#### 5. Listrik

Pada pengoperasian maupun perbaikan instalasi listrik hendaknya selalu menggunakan alat pengaman yang telah disediakan. Dengan demikian para pekerja dapat terjamin keselamatannya. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

- a. Keselamatan listrik di bawah tanah sebaiknya diberi tanda-tanda tertentu.
- b. Sebaiknya disediakan pembangkit tenaga cadangan.
- c. Semua bagian pabrik harus diberi penerangan yang cukup.
- d. Distribusi beban harus seimbang antara bagian yang satu dengan yang lain.

#### 6. Pencegahan kebakaran dan penanggulangan bahaya kebakaran Penyebab kebakaran dapat berupa :

- a. Kemungkinan terjadinya nyala terbuka yang datang dari unit utilitas, workshop, laboratorium dan unit proses lainnya.
- b. Terjadinya loncatan bunga api pada sekitar workshop dan stop kontak serta pada alat lainnya.
- c. Gangguan peralatan utilitas seperti pada combustion chamber boiler.

Cara mengatasi bahaya kebakaran meliputi :

- a. Pencegahan bahaya kebakaran.
  - Penempatan alat-alat utilitas yang cukup jauh dari power plant tetapi praktis dari unit proses.
  - Bangunan seperti workshop, laboratorium, dan kantor sebaiknya diletakkan agak jauh dari unit proses.
  - Pemasangan isolasi yang baik pada seluruh kabel transmisi yang ada.
  - Diberi tanda-tanda larangan suatu tindakan yang dapat mengakibatkan kebakaran seperti tanda larangan merokok.
- b. Pengamanan dan pengontrolan kebakaran.

Apabila terjadi kebakaran api harus dilokalisir, harus dapat diketahui

kemungkinan apa saja yang dapat terjadi dan bagaimana cara mengatasi. Dimana letak dari pemadam kebakaran ini sesuai dengan tata letak pabrik yaitu dekat dengan bengkel, daerah bahan baku, serta daerah utilitas.

## 7. Karyawan

Karyawan terutama karyawan proses perlu diberikan bimbingan, pengarahan ataupun pendidikan dan latihan, studi banding serta kursus agar dapat melaksanakan tugasnya yaitu dimana karyawan tersebut ditempatkan sesuai dengan keahlian dan latar belakang pendidikan ataupun pengalaman mereka sehingga dengan pertimbangan itu karyawan bekerja dengan tidak membahayakan keselamatan jiwa maupun keselamatan orang lain.

Pemakaian alat pengaman kerja pada pabrik timbal kromat yaitu berupa Alat Pelindung Diri (APD). Perlindungan tenaga kerja melalui usaha-usaha teknis pengaman tempat, peralatan dan lingkungan kerja adalah sangat perlu diutamakan. Namun kadang-kadang keadaan bahaya masih belum dapat dikendalikan sepenuhnya sehingga perlu digunakan alat pelindung diri.

Penggunaan alat pelindung diri merupakan salah satu upaya mencegah terjadinya kecelakaan kerja sebab telah diketahui bahwa pengguna pelindung diri sangat berperan menciptakan keselamatan ditempat kerja. Bila alat-alat proteksidiri tidak memadai atau tenaga kerja tidak memakainya sama sekali karena mereka lebih senang tanpa pelindung, akibatnya mungkin terjadi kecelakaan pada kepala, mata, kaki, dan lain-lain.

Alat-alat pelindung diri yang digunakan pada pabrik Fenol ini sebagai berikut :

### a. Pakaian Kerja

Pakaian kerja merupakan alat pelindung terhadap bahaya-bahaya kecelakaan. Untuk itu, perusahaan menyediakan jenis pakaian kerja yang cocok. Pakaian kerja mungkin cepat rusak oleh karena sifat pekerjaan yang berat, keadaan udara lembab dan pekerjaan penuh kotoran. Pakaian tenaga kerja pria yang bekerja melayani mesin seharusnya berlengan pendek, pas atau longgar pada dada atau punggung, tidak berdasi dan tidak ada lipatan- lipatan yang mungkin mendatangkan bahaya.

b. Kacamata

Salah satu masalah tersulit dalam pencegahan kecelakaan adalah pencegahan yang menimpah mata. Kecelakaan mata berbeda-beda sehingga jenis kacamata pelindung yang digunakan juga beragam. Banyak pekerja yang enggan menggunakan alat pelindung tersebut dengan alasan mengganggu pelaksanaan pekerjaan dan mengurangi kenikmatan kerja.

c. Sepatu Pengaman

Sepatu pengaman seharusnya dapat melindungi tenaga kerja terhadap kecelakaan-kecelakaan yang disebabkan oleh bahan-bahan berat yang menimpah kaki seperti paku atau benda tajam lainnya yang mungkin terinjak. Selain itu sepatu pengaman juga harus bisa melindungi kaki dari bahaya terbakar karena logam cair dan bahan kimia korosif lainnya, juga kemungkinan tersandung atau tergelincir.

d. Sarung Tangan

Fungsinya melindungi tangan dan jari-jari dari api panas dingin, radiasi elektromagnetik dan radiasi mengion, listrik, bahan kimia, benturan dan pukulan, luka dan lecet, infeksi dan bahaya-bahaya lainnya yang bisa menimpa tangan jenis sarung tangan yang dipakai tergantung dari tingkat kecelakaan yang akan dicegah yang penting jari dan tangan harus bebas bergerak.

e. Helm Pengaman

Helm pengaman harus dipakai tenaga kerja yang mungkin tertimpa benda jatuh atau melayang atau benda-benda lain yang bergerak. Di Indonesia belum ada standar/klasifikasi helm pengaman ini, namun demikian helm pengaman tersebut selayaknya cukup keras dan kokoh tetapi tetap ringan sehingga tidak mengganggu pekerjaan. Bahan plastik dengan lapisan kain cocok untuk keperluan ini.

f. Pelindung Telinga

Telinga harus dilindungi dari kebisingan. Perlindungan kebisingan dilakukan dengan sumbat atau tutup telinga.

g. Masker

Paru-paru harus dilindungi dari udara tercemar atau kemungkinan kekurangan oksigen dalam udara. Bahan-bahan pencemar dapat berbentuk gas, uap logam, kabut dan debu yang bersifat racun. Sedangkan kekurangan oksigen mungkin terjadi di tempat-tempat yang pengudaraannya buruk seperti tangki atau pada area boiler.

Tabel 9.1 Alat pengaman yang digunakan

No	Nama Alat Pengaman	Pekerja yang Dilindungi
1.	Masker	Petugas yang bekerja pada areal proses dan laboratorium, boiler dan bengkel
2.	Helm pengaman	Petugas yang bekerja pada areal proses dan bengkel.
3.	Sepatu pengaman	Petugas yang bekerja pada areal proses dan bengkel.
4.	Sarung tangan	Petugas yang bekerja pada areal proses, bengkel dan Laboratorium
5.	<i>Hydrant</i>	Petugas yang bekerja pada tempat bahan baku, daerah bahan bakar, areal proses, dan gudang.
6.	Pakaian Kerja	Petugas yang bekerja pada Laboratorium, area proses pabrik dan Bengkel
7.	Kacamata	Petugas yang bekerja pada Bengkel
8.	Pelindung telinga	Petugas yang bekerja pada areal proses
9.	<i>Safety Belt</i>	Petugas yang bekerja untuk perbaikan alat proses dan pembersihan gedung

## **BAB X**

### **STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN**

#### **10.1 Organisasi Perusahaan**

Organisasi merupakan hal yang penting dalam perusahaan, hal ini menyangkut efektivitas untuk meningkatkan kemampuan perusahaan dalam memproduksi dan mendistribusikan produk yang dihasilkan. Sistem organisasi akan mengatur mekanisme kerja di dalam perusahaan/pabrik, memecahkan masalah-masalah yang muncul, serta siap dan mampu menyesuaikan diri terhadap segala perubahan untuk mencapai tujuan yang maksimum.

Berdasarkan rencana produksi dari pabrik fenol dengan kapasitas produksi 2.000 ton/tahun, maka pabrik direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Adapun alasan pemilihan bentuk ini adalah :

1. Bentuk perusahaan ini mudah mendapatkan modal, yaitu selain dari bank juga bisa diperoleh dari penjualan saham.
2. Tanggung Jawab pemegang saham terbatas, karena segala sesuatu yang menyangkut kelancaran produksi dipegang oleh pemimpin perusahaan, dimana kekayaan pemegang saham terpisah dari kekayaan perusahaan.
3. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh oleh berhentinya pemegang saham, direksi dan karyawan.

#### **10.2 Struktur Organisasi**

Salah satu faktor yang menunjang kemajuan perusahaan adalah struktur organisasi. Untuk mendapatkan suatu sistem yang baik maka perlu diperhatikan beberapa pedoman, antara lain adalah perumusan tujuan perusahaan jelas, pendelegasian wewenang, pembagian tugas kerja yang jelas, kesatuan perintah dan tanggung jawab, sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan, dan organisasi perusahaan yang fleksibel. Dengan berdasarkan pedoman tersebut maka akan diperoleh struktur organisasi yang baik, yang salah satunya yaitu sistem *line* and staf. Pada sistem ini, garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis.

Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat pada sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya akan bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang



yang ahli di bidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasehat kepada direktur utama demi tercapainya tujuan perusahaan.

Ada dua kelompok yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini, yaitu :

1. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.
2. Sebagai garis atau liniar yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan dalam melaksanakan tugas sehari-harinya diwakili oleh dewan komisaris, sedangkan tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh direktur utama dibantu oleh direktur teknik dan produksi serta direktur keuangan dan umum. Direktur teknik dan produksi membawahi karyawan litbang. Direktur keuangan dan umum membawahi bagian umum, bagian keuangan dan bagian pemasaran. Masing-masing kepala bagian membawahi kepala seksi sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Manfaat adanya Struktur organisasi adalah sebagai berikut :

1. Menjelaskan dan menjernihkan persoalan mengenai pembatas tugas, tanggung jawab, wewenang dan lain-lain.
2. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
4. Penyusunan program pengembangan manajemen.
5. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok yang setiap kepala kelompok akan bertanggung jawab kepada pengawas masing-masing seksi.

### **10.3 Tugas dan Wewenang**

#### **1. Pemegang Saham**

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai

bentuk perseroan terbatas adalah rapat umum pemegang saham. Pada rapat umum tersebut para pemegang saham :

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
- b. Mengangkat dan memberhentikan Direktur
- c. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan

## 2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

- a. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahannya.
- b. Mengawasi tugas-tugas direktur utama.
- c. Membantu direktur utama dalam hal-hal penting.

## 3. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap maju mundurnya perusahaan. Direktur utama membawahi direktur teknik dan produksi serta direktur keuangan dan administrasi. Tugas direktur utama antara lain :

- a. Bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris
- b. Menetapkan kebijaksanaan peraturan dan tata tertib perusahaan
- c. Mengatur dan mengawasi keuangan perusahaan
- d. Mengangkat dan memberhentikan pegawai
- e. Bertanggung jawab atas kelancaran perusahaan

## 4. Staf Ahli

Staf ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu direktur utama dalam menjalankan tugasnya, baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada direktur utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Staf ahli tersebut; ahli teknik, ahli proses, ahli ekonomi dan ahli hukum. Tugas dan wewenang staf ahli meliputi :

- a. Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan

perusahaan

- b. Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan
- c. Memberikan saran-saran dalam bidang hukum.

#### 5. Direktur

Secara umum tugas direktur adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Direktur bertanggung jawab kepada direktur utama. Direktur terdiri dari direktur teknik dan produksi serta direktur keuangan dan umum.

Direktur Teknik dan Produksi bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam hal

- a. Pengawasan dan peningkatan mutu produksi
- b. Perencanaan jadwal produksi dan penyediaan sarana produksi
- c. Pengawasan peralatan pabrik
- d. Perbaikan pemeliharaan alat-alat produksi

Direktur Keuangan bertanggung jawab pada Direktur Utama dalam hal :

- a. Laba rugi perusahaan
- b. Neraca keuangan
- c. Administrasi perusahaan
- d. Perencanaan pemasaran dan penjualan

#### 6. Kepala Bagian

- Kepala bagian produksi

Bertanggung jawab kepada direktur teknik dan produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi. Kepala bagian produksi membawahi seksi proses dan seksi laboratorium.

Tugas seksi proses meliputi :

- a. Menjalankan tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang
- b. Mengawasi jalannya proses produksi.

Tugas seksi laboratorium meliputi :

- a. Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu.
- b. Mengawasi dan menganalisa produk.
- c. Mengawasi kualitas buangan pabrik.

- Kepala bagian teknik

Tugas kepala bagian teknik antara lain :

- a. Bertanggung jawab kepada direktur teknik dan produksi dalam bidang pemeliharaan alat dan utilitas.
- b. Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala bagian teknik membawahi seksi pemeliharaan dan seksi utilitas.

Tugas seksi pemeliharaan antara lain :

- a. Melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik.
- b. Memperbaiki peralatan pabrik.

Tugas seksi utilitas antara lain :

Melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses seperti air, steam dan listrik.

- Kepala bagian pemasaran

Kepala bagian pemasaran bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam bidang pengadaan bahan baku dan pemasaran hasil produksi. Kepala bagian pemasaran membawahi seksi pembelian dan seksi pemasaran.

Tugas seksi pembelian antara lain :

- a. Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan.
- b. Mengetahui harga pemasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

Tugas seksi pemasaran :

- a. Merencanakan strategi pemasaran produk.
- b. Mengatur distribusi barang dari gudang.

- Kepala bagian keuangan

Kepala bagian keuangan bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam bidang administrasi dan keuangan. Kepala bagian keuangan membawahi seksi administrasi dan seksi kas.

Tugas seksi administrasi antara lain :

Menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, administrasi kantor,

pembukuan serta masalah pajak.

Tugas seksi kas antara lain :

- a. Mengadakan perhitungan tentang gaji dan intensif karyawan.
- b. Menghitung penggunaan uang perusahaan, mengamankan uang dan membuat prediksi keuangan masa depan

- Kepala bagian umum

Kepala bagian umum bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam bidang personalia, hubungan masyarakat dan keamanan. Kepala bagian umum membawahi seksi personalia, seksi humas dan seksi keamanan.

Tugas seksi personalia antara lain :

- a. Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang baik antara pekerja dan pekerjaannya serta lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya.
- b. Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang dinamis.
- c. Melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

Tugas seksi humas adalah :

Mengatur hubungan perusahaan dengan masyarakat sekitar pabrik.

Tugas seksi keamanan :

- a. Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas yang ada di perusahaan.
- b. Mengawasi keluar masuknya orang-orang, baik karyawan maupun orang luar yang masuk ke lingkungan pabrik.
- c. Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan internpabrik.

## 7. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bidangnya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh kepala bagian masing-masing agar diperoleh hasil yang maksimum dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap kepala seksi bertanggung jawab kepada kepala bagiannya masing-masing sesuai dengan bidangnya. Tugas Umum Kepala

Seksi :

- a. Melakukan tugas operasional dalam bidang masing-masing.
- b. Merencanakan rencana yang telah ditetapkan direksi.
- c. Bertanggung jawab atas kelancaran/keserasian kerja atau personalia dariseksi-seksi Kepala bagian.

Tugas Khusus Kepala Seksi :

- a. Seksi Pemeliharaan dan Perbaikan  
Menjamin keadaan peralatan/mesin-mesin yang ada dalam pabrik selalu dalam keadaan baik dan siap dipakai dengan pemeliharaan yang efisien dan efektif.
- b. Seksi Utilitas dan Pembangkit Tenaga  
Menyediakan unsur penunjang proses dalam pabrik yaitu meliputi : air , listrik , steam dan bahan bakar.
- c. Seksi Riset dan Pengembangan  
Mengadakan pemeriksaan dan menetapkan acceptabilitas bahan baku, bahan pembantu maupun produk, selain itu juga dapat melakukan penelitian guna keperluan pengembangan bila diperlukan.
- d. Seksi Produksi dan Proses  
Melakukan pembuatan produksi sesuai dengan ketentuan yang direncanakan dan mengadakan kegiatan agar proses produksi berlangsung secara baik, mulai dari bahan baku masuk hingga produk.
- e. Seksi Personalia dan Kesejahteraan  
Mengembangkan dan menyelenggarakan kebijaksanaan dan program perusahaan dalam bentuk tenaga kerja yang baik dan memuaskan.
- f. Seksi Keamanan  
Melaksanakan dan mengatur hal-hal yang berkaitan dengan keamanan perusahaan.
- g. Seksi Administrasi  
Melaksanakan dan mengatur administrasi serta inventarisasi perusahaan.
- h. Seksi Pemasaran dan Penjualan  
Melaksanakan dan mengatur penjualan produksi kepada konsumen.

Disini Direktur Utama berperan untuk menentukan kebijaksanaan perusahaan.

i. Seksi Gudang

Melaksanakan penyimpanan dan pengeluaran serta mengamankan bahan baku / bahan pembantu dan mengatur serta melaksanakan penyimpanan dan penerimaan serta pengiriman produksi ke konsumen.

j. Seksi Anggaran

Mengadakan pembukuan dan mengadakan dana keuangan yang cukup dengan mendaya gunakan modal dan mengamankan fisik keuangan.

#### 10.4 Pembagian Jam Kerja

Pabrik ini direncanakan beroperasi 330 hari dalam setahun dan 24 jam dalam sehari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perbaikan atau perawatan dan *shut down*. Sedangkan pembagian jam kerja karyawan pada pabrik ini terbagi menjadi dua yaitu: karyawan *non shift* dan karyawan *shift*.

a. Karyawan *non shift*

Karyawan *non shift* adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk karyawan non shift adalah direktur, staf ahli, general manager, manager serta bagian administrasi. Karyawan *non shift* ini bekerja dengan perincian sebagai berikut:

- Hari Senin –Kamis  
Pukul 08.00–12.00 (jam kerja) Pukul 12.00–13.00 (istirahat) Pukul 13.00–16.00 (jam kerja)
- Hari Jumat  
Pukul 08.00–11.30 (jam kerja) Pukul 11.30–13.00 (istirahat) Pukul 13.00–16.00 (jam kerja)
- Hari sabtu, minggu dan hari besar libur

b. Karyawan *shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan keamanan dan kelancaran produksi. Yang termasuk

karyawan shift ini adalah operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gudang, bagian keamanan dan bagian-bagian yang harus selalu siaga untuk menjaga keselamatan dan keamanan pabrik. Para karyawan shift bekerja secara bergantian sehari semalam. Karyawan shift dibagi dalam tiga shift dengan pengaturan sebagai berikut:

c. Karyawan Operasi

Shift pagi: pukul 06.00-14.00 Shift sore: pukul 14.00-22.00 Shift malam: pukul 22.00-06.00

Tabel 10.1 Jadwal Hari dan Jam Kerja Karyawan Shift

Hari ke-/jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17
08.00-16.00	A	A	A	A	B	B	B	B	C	C	C	C	D	D	D	D
16.00-24.00	B	B	B	B	C	C	C	C	D	D	D	D	A	A	A	A
24.00- 8.00	C	C	C	C	D	D	D	D	A	A	A	A	B	B	B	B
<b>Libur</b>	D	D	D	D	A	A	A	A	B	B	B	B	C	C	C	C

KET : A – D adalah nama regu



## 10.5 Perincian Tugas dan Keahlian

Tabel 10.2 Jabatan dan Prasyarat

Jabatan	Prasyarat
Direktur Utama	Sarjana Teknik Kimia
Direktur Teknik dan Produksi	S-1 / S-2 Teknik Kimia
Direktur Keuangan dan Umum	S-1 / S-2 Ekonomi
Staff ahli	S-1 Teknik Kimia / Man. Industri
Sekretaris	D III Sekretaris
Kepala Bagian Umum	S-1 Hukum
Kepala Bagian Keuangan	S-1 Ekonomi
Kepala Bagian Pemasaran	S-1 Ekonomi / Teknik Kimia
Kepala Bagian Produksi	S-1 Teknik Kimia
Kepala Bagian Teknik	S-1 Teknik Mesin
Kepala Seksi Litbang	S-1 Teknik Kimia
Kepala Seksi Personalia	S-1 Hukum
Kepala Seksi Humas	S-1 Fisip
Kepala Seksi Keamanan	S-1 / SMU
Kepala Seksi Pembelian	S-1 Ekonomi / S-1 Teknik Kimia
Kepala Seksi Pemasaran	S-1 Ekonomi / Teknik Kimia
Kepala Seksi Administrasi	S-1 Ekonomi
Kepala Seksi Anggaran	S-1 Ekonomi / Akutansi
Kepala Seksi Proses	S-1 Teknik Kimia
Kepala Seksi Laboratorium	S-1 Teknik Kimia
Kepala Seksi K3	S-1 Teknik Kimia / Kesehatan Masyarakat
Kepala Seksi Pemeliharaan	S-1 Teknik Mesin
Kepala Seksi Pengendalian	S-1 Teknik Industri
Kepala Seksi Utilitas	S-1 Teknik Mesin
Karyawan Personalia dan Umum	S-1 / SMU / SMEA
Karyawan Keamanan	SMU / SMP
Karyawan Bagian Pemasaran	SMU / SMEA
Karyawan Bagian Keuangan	SMU / SMEA
Karyawan Bagian Produksi	STM / SMU
Karyawan Bagian Teknik	STM / SMU
Karyawan Humas	S-1 FISIP
Karyawan Personalia	S-1 / SMU
Medis	Dokter
Paramedis	D III perawat
Sopir, cleaning service	SMU / SMP

## 10.6 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji

Tabel 10.3 Jumlah Karyawan

No.	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Produksi & Teknik	1
3	Direktur Keuangan & Administrasi	1
4	Sekretaris Direktur	4
5	Staff Ahli	4
6	Kepala Bagian Produksi	1
7	Kepala Bagian Teknik	1
8	Kepala Bagian Pemasaran	1
9	Kepala Bagian Umum	1
10	Kepala Bagian Keuangan	1
11	Kasi Proses	1
12	Kasi Riset & Pengembangan	1
13	Kasi Utilitas & Energi	1
14	Kasi Pemeliharaan & Perbaikan	1
15	Kasi Pembelian	1
16	Kasi Gudang	1
17	Kasi Pemasaran & Penjualan	1
18	Kasi Administrasi	1
19	Kasi Personalia & Kesejahteraan	1
20	Kasi Keamanan	1
21	Karyawan Bagian Proses(Kepala)	4
22	Karyawan Bagian Proses(Regu)	34
23	Karyawan Bagian Laboratorium	12
24	Karyawan Bagian Utilitas	30
25	Karyawan Bagian Personalia	5
26	Karyawan Bagian Pemasaran	8
27	Karyawan Bagian Administrasi	5
28	Karyawan Bagian Pembelian	5
29	Karyawan Bagian Pemeliharaan	8
30	Karyawan Bagian Gudang	8
31	Karyawan Bagian Keamanan	10
32	Karyawan Bagian Kebersihan	8
33	Dokter	1
34	Perawat	4
35	Supir	4
	Total	170

## Penggolongan dan Gaji

Tabel 10.4. Penggolongan Gaji Menurut Jabatan

No	Jabatan	Gaji/bulan
1	Direktur utama	55.000.000
2	Direktur	40.000.000
3	Staff ahli	12.000.000
4	Sekretaris	8.500.000
5	Kebala bagian	10.000.000
6	Kepala seksi	7.500.000
7	Karyawan Bagian Proses (Kepala)	5.000.000
8	Karyawan Bagian	3.900.000
9	Dokter	10.000.000
10	Perawat	4.000.000
11	Paramedis	3.200.000
12	Supir	3.000.000
13	Satpam	3.500.000

Penentuan jumlah karyawan proses dan karyawan utilitas berdasarkan metode :“*Operator Requirements of Process Equipment*”. (Ulrich : 329)

### 10.1 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan yang diberikan oleh perusahaan antara lain berupa :

#### 1. Tunjangan

- a. Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
- b. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang karyawan.
- c. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.

#### 2. Cuti

- a. Cuti tahunan, diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam setahun

- b. Cuti sakit, diberikan kepada karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter

### 3. Pakaian kerja

Pakaian kerja diberikan kepada setiap karyawan sejumlah dua pasang untuk setiap tahunnya

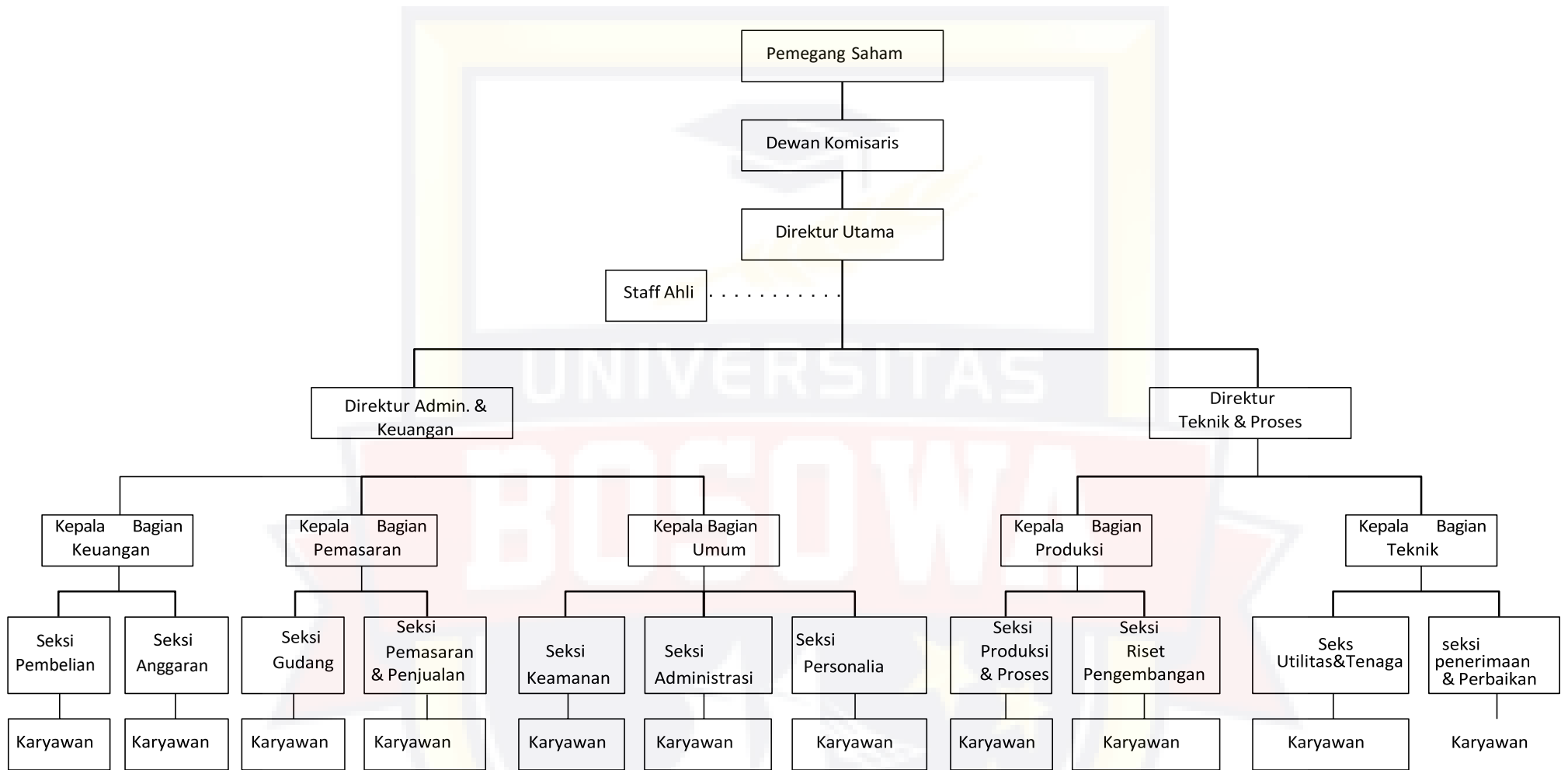
### 4. Pengobatan

- a. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kerja (kecelakaan kerja) ditanggung oleh perusahaan sesuai dengan Undang-undang yang berlaku.
- b. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit tidak disebabkan oleh kecelakaan kerja diatur kebijakan perusahaan.

### 5. Asuransi Tenaga Kerja (ASTEK)

ASTEK diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawannya lebih dari 10 orang.

**BOSOWA**



Gambar 10.1 Struktur Organisasi Perusahaan

## **BAB XI**

### **ANALISA EKONOMI**

Analisa ekonomi dari prarancangan pabrik Garam Farmasi dimaksudkan untuk mengetahui kelayakan pabrik agar bisa didirikan dengan pertimbangan ekonomi untung dan rugi. Untuk mengetahui hal tersebut perlu dievaluasi atau penilaian investai yang ditinjau dari :

1. Keuntungan /Profit
2. Percent Return on Investment (ROI)
3. Pay out Time (POT)
4. Break Event Point (BEP)
5. Shut Down Point (SDP)
6. Discounted Cash Flow (DCF)

Untuk menunjang faktor-faktor tersebut di atas perlu diadakan penaksiran terhadap beberapa faktor, yaitu :

1. Penaksiran modal industri (*Total Capital Investment*) yang terdiri atas :
  - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
  - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Production Cost*) yang terdiri atas :
  - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
  - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expense*)
3. Total pendapatan

#### **11.1 Penaksiran Harga Peralatan**

Harga alat proses industri setiap tahun mengalami perubahan sesuai dengan kondisi perekonomian pada saat tersebut. Harga alat tiap tahun mengalami perubahan sesuai dengan kondisi perekonomian yang ada. Untuk mengetahui harga-harga peralatan yang ada sekarang dapat ditaksir berdasarkan harga aktual yang ada di pasar.

Untuk memperkirakan harga alat, diperlukan indeks yang dapat digunakan untuk mengkonversikan harga alat pada masa yang lalu sehingga diperoleh harga alat pada saat sekarang dan mendatang.

Persamaan pendekatan yang digunakan untuk memperkirakan harga

peralatan pada tahun 2020 : Penentuan harga alat menggunakan persamaan:

$$Ex = Ey \times \frac{Nx}{Ny}$$

Dimana :

Ex = harga alat pada tahun pembelian

Ey = harga alat pada tahun referensi

Nx = indeks harga pada tahun pembelian

Ny = indeks harga pada tahun referensi

(Aries dan Newton, 1955)

Apabila alat dengan kapasitas tertentu ternyata tidak dijumpai dalam grafik, maka harga alat tersebut dapat diestimasi dengan cara membandingkan dengan alat sejenis yang telah diketahui kapasitas serta harganya dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Eb = Ea \times \left(\frac{Cb}{Ca}\right)^{0,6}$$

Dimana :

Eb = harga alat kapasitas b

Ea = harga alat kapasitas a

Ca = kapasitas alat a

Cb = kapasitas alat b

(Aries dan Newton, 1955)

## 11.2 Dasar Perhitungan

### 11.2.1 Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi = 2.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Pabrik didirikan tahun = 2027

Kurs mata uang = Rp14.968/ 1 US\$

### 11.2.2 Kebutuhan Bahan Baku dan Produk

Garam Rakyat = 2.059.200 kg/tahun

Sodium Hidroksida (NaOH) = 39.710,88 kg/tahun

Sodium Karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) = 39.924,72 kg/tahun

Harga garam rakyat = Rp 300 /kg

Harga sodium hidroksida	= Rp 35.000 /kg
Harga sodium karbonat	= Rp 3.594 /kg

### 11.3 Perhitungan Biaya

#### 11.3.1 Penaksiran Modal Industri (Total Capital Investment)

##### 1) Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

Modal tetap atau *fixed capital investment* adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik. Yang termasuk modal tetap yaitu:

##### a. *Purchased Equipment Cost (PEC)*

PEC adalah biaya pembelian peralatan proses, termasuk pajak bea masuk, asuransi, provisi bank, dan biaya pengangkutan hingga sampai di lokasi pabrik.

##### b. Biaya Instalasi Alat (*Equipment Installation Cost*)

Biaya instalasi alat adalah biaya yang dibutuhkan untuk pemasangan alat-alat proses di lokasi pabrik.

##### c. Biaya Pemipaan

Biaya pemipaan adalah biaya yang dikeluarkan untuk sistem pemipaan dalam proses dan pemasangannya.

##### d. Biaya Instrumentasi

Biaya instrumentasi adalah biaya yang digunakan untuk melengkapi sistem proses dengan suatu sistem pengendalian (*control*).

##### e. Biaya Insulasi

Biaya insulasi adalah biaya sistem insulasi di dalam proses produksi.

##### f. Biaya Listrik

Biaya listrik adalah biaya yang dipakai untuk pengadaan sarana pendukung dalam penyediaan atau pendistribusian tenaga listrik.

##### g. Bangunan

Untuk mendirikan bangunan-bangunan di dalam lingkungan pabrik diperlukan biaya yang harus dikeluarkan. Bangunan-bangunan tersebut antara lain: perkantoran, kantin, tempat ibadah, laboratorium, saluran air bersih, dan sanitasi.

##### h. Biaya Tanah dan Perbaikan Lahan

Biaya ini digunakan untuk pembelian tanah, perbaikan kondisi tanah,



pembuatan jalan ke areal pabrik dan paving. Jika pabrik yang didirikan di kawasan industri, biaya-biaya selain pembelian tanah tidak menjadi tanggungan pabrik lagi karena sudah disediakan.

**i. Biaya Utilitas**

Biaya utilitas adalah biaya yang dikeluarkan untuk pengadaan unit-unit pendukung proses, antara lain: unit penyediaan air, *steam*, listrik, dan udara tekan.

**j. Environmental Cost**

*Environmental Cost* adalah biaya untuk pemeliharaan kelestarian lingkungan di kawasan pabrik dan sekitarnya.

**k. Cost of Engineering and Construction**

*Cost of Engineering and Construction* adalah biaya untuk *design engineering, field supervisor, temporary construction* dan *inspection*.

**l. Contractor's Fee**

*Contractor's Fee* adalah biaya yang dipakai untuk membayar kontraktor pembangunan pabrik.

**m. Cost Of Contingency**

*Cost Of Contingency* adalah biaya kompensasi terhadap pengeluaran yang tak terduga, perubahan proses meskipun kecil, perubahan harga dan kesalahan estimasi.

**2) Modal kerja (*Working Capital Investment*)**

*Working Capital Investment* adalah biaya untuk menjalankan operasi pabrik selama kurun waktu tertentu secara normal, yang termasuk di dalamnya yaitu:

**a. Raw Material Inventory**

*Raw Material Inventory* adalah biaya yang dibutuhkan untuk persediaan bahan baku, besarnya tergantung dari kecepatan konsumsi bahan baku, nilai ketersediaannya, sumber dan kebutuhan *storage*-nya.

**b. In Process Inventory**

*In Process Inventory* adalah biaya yang harus ditanggung selama bahan sedang berada dalam proses, besarnya tergantung pada lama siklus proses.

**c. Product Inventory**

*Product Inventory* adalah biaya yang diperlukan untuk penyimpanan produk sebelum produk tersebut dilempar ke pasaran.

**d. *Extended Credit***

*Extended Credit* adalah persediaan uang untuk menutup penjualan barang yang belum dibayar.

**e. *Available Cash***

*Available Cash* adalah persediaan uang tunai untuk membayar buruh, *services*, dan material.

### **11.3.2 Penentuan Biaya Pembuatan (Manufacturing Cost)**

*Manufacturing cost* merupakan jumlah dari *direct*, *indirect*, dan *fixed manufacturing cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk. *Manufacturing cost* meliputi :

1. Direct Manufacturing Cost (DMC)

Direct manufacturing cost adalah pengeluaran yang berkaitan khusus dalam pembuatan produk.

a. Bahan Baku

Yakni harga pembelian bahan baku yang dipakai dalam produksi.

b. Labor Cost

Labor Cost adalah biaya untuk membayar buruh yang terlibat langsung dalam proses produksi.

c. *Supervisory Expense* (Supervisi)

*Supervisory Expense* (Supervisi) adalah biaya untuk menggaji semua personal yang bertanggung jawab langsung terhadap proses produksi.

d. *Maintenance Cost*

*Maintenance Cost* adalah biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan peralatan proses.

e. *Plant Supplies Cost*

*Plant Supplies Cost* adalah biaya yang diperlukan untuk pengadaan *plant supplies*, antara lain *lubricants*, *charts*, dan *gaskets*.

f. *Royalties and Patents*

Biaya paten untuk keperluan produksi selama waktu proteksinya (selama paten berlaku). *Royalties* biasanya dibayar berdasarkan kecepatan produksi atau penjualan.

g. *Cost of Utilities*

*Cost of Utilities* adalah biaya yang dibutuhkan untuk pengoperasian unit-unit pendukung proses sehingga dihasilkan steam, air bersih, listrik, dan udara tekan.

2. Indirect Manufacturing Cost (IMC)

Indirect Manufacturing Cost adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

a. *Payroll Overhead*

*Payroll overhead* adalah pengeluaran untuk biaya pensiun, liburan yang dibayar perusahaan, asuransi, cacat jasmani akibat kerja, dan keamanan.

b. *Laboratory*

Perusahaan harus mengeluarkan biaya untuk pengoperasian laboratorium karena laboratorium dibutuhkan untuk menjamin *quality control*.

c. *Plant Overhead*

*Plant Overhead* adalah biaya untuk *service* yang tidak langsung berhubungan dengan unit produksi, termasuk didalamnya adalah biaya kesehatan, fasilitas rekreasi, pembelian (*purchasing*), pergudangan (*warehousing*) dan *engineering* (termasuk *safety* dan *protection*).

d. *Packaging*

Biaya *packaging* dibutuhkan untuk biaya pengepakan dan *container* produk, besarnya tergantung dari sifat-sifat fisis dan kimia produk serta nilainya.

e. *Shipping*

Biaya ini diperlukan untuk membayar ongkos pengangkutan barang produksi hingga sampai di tempat pembeli.

3. Fixed Manufacturing Cost (FMC)

*Fixed manufacturing cost* adalah harga yang berkenaan dengan *fixed capital* dan pengeluaran yang bersangkutan dimana harganya tetap, tidak bergantung pada waktu maupun tingkat produksi.

a. Depresiasi

Depresiasi adalah biaya penurunan harga peralatan dan gedung, besarnya diperhitungkan dari perkiraan lamanya umur pabrik.

b. *Property Taxes*

*Property taxes* adalah pajak *property* yang harus dibayar oleh pihak pabrik, besarnya tergantung dari lokasi dan situasi dimana plant tersebut berdiri.

c. Asuransi

Pihak perusahaan harus mengeluarkan uang untuk biaya asuransi pabriknya, semakin berbahaya plant tersebut, maka biaya asuransinya semakin tinggi.

### 11.3.3 General Expense

*General expense* atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran - pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*, terdiri dari :

1. Administrasi

*Administration cost* adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan administrasi perusahaan, termasuk didalamnya yaitu:

a. *Management salaries*

*Management salaries* adalah gaji yang harus dibayarkan kepada semua karyawan perusahaan di luar buruh produksi, antara lain direktur utama, sekretaris, kepala bagian, kepala seksi serta karyawan non produksi.

b. Legal Fees and Auditing

*Legal fee* adalah biaya untuk *fee* yang legal, sedangkan *auditing* adalah biaya untuk membayar akuntan publik.

c. Biaya untuk Peralatan Kantor dan Komunikasi

Biaya ini digunakan untuk membeli peralatan kantor seperti kertas, tinta, dan lain-lain, serta untuk biaya komunikasi di lingkungan perusahaan seperti telepon dan internet.

2. Sales Expense

Sales expense adalah biaya administrasi yang diperlukan dalam penjualan produk, termasuk didalamnya biaya promosi apabila produk tergolong baru.

### 3. Research and Development

Biaya riset diperlukan untuk mendukung pengembangan pabrik, baik proses maupun peningkatan kualitas produk.

### 4. Finance

Finance adalah pengeluaran untuk membayar bunga pinjaman modal.

## 11.4 Analisa Kelayakan

Analisis kelayakan suatu pabrik diperlukan agar dapat mengetahui tingkat keuntungan yang diperoleh suatu pabrik. Analisis kelayakan juga diperlukan untuk mengetahui apakah suatu pabrik potensial atau tidak untuk didirikan dari segi ekonomi. Beberapa parameter yang digunakan untuk mengetahui kelayakan dari suatu pabrik, yaitu:

#### 1. *Percent Profit on Sales (POS)*

*Percent Profit on Sales* adalah faktor yang ditentukan untuk mengetahui tingkat keuntungan yang diperoleh tiap harga penjualan produk.

POS sebelum pajak = 26,07%

POS setelah pajak = 20,45%

#### 2. *Percent Return on Investment (ROI)*

*Return on Investment* adalah tingkat keuntungan yang dihasilkan dari investasi yang dikeluarkan untuk pembangunan suatu pabrik. *Return on investment* merupakan perkiraan keuntungan yang dapat diperoleh setiap tahun, didasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap (*Fixed Capital Investment*) yang diinvestasikan.

ROI sebelum pajak = 34,50%

ROI setelah pajak = 26,06%

#### 3. *Pay Out Time (POT)*

*Pay Out Time* adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Keuntungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam beberapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali. Perhitungan dilakukan dengan membagi *capital investment* dengan *profit* sebelum dikurangi *depresiasi*.

POT sebelum pajak = 2,18 tahun

POT setelah pajak = 3,11 tahun

#### 4. *Break Event Point (BEP)*

*Break even point Break Even Point* adalah titik yang menunjukkan biaya dan penghasilan memiliki jumlah yang sama atau tepat pada titik batas produksi, pabrik dikatakan tidak untung dan tidak rugi. BEP digunakan untuk menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dengan harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapatkan keuntungan.

$$\text{BEP} = 41,14\%$$

#### 5. *Shut Down Point (SDP)*

*Shut down point* adalah suatu titik atau saat penentuan suatu aktifitas produksi dihentikan. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen kapasitas minimal tersebut dalam satu tahun, maka pabrik harus berhenti operasi atau tutup karena pabrik tidak dapat membiayai kebutuhan untuk menjalankan aktifitas produksi.

$$\text{SDP} = 23,75\%$$

#### 6. *Internal Rate of Return (IRR)*

Evaluasi kelayakan dengan IRR dilakukan dengan menghitung nilai waktu dari *cash flow*. Harga IRR sering dibandingkan dengan suku bunga bank, dimana jika harga IRR lebih besar dari suku bunga berarti investasi ke pabrik lebih menguntungkan daripada menyimpan uang di bank. Nilai IRR dihitung dengan trial harga IRR hingga diperoleh *net present value* dari *cash flow* (NPV) = 0.

$$\text{IRR} = 15,82 \%$$

## KESIMPULAN

1. Ditinjau dari teknik yang meliputi pengadaan alat-alat produksi, penerapan teknologi, bahan baku, proses produksi, hasil produksi, dan tenaga kerja maka pabrik garam farmasi dengan kapasitas 2.000 toh/tahun ini menarik untuk dikaji lebih lanjut.
2. Prarancangan pabrik garam farmasi kapasitas 2.000 toh/tahun ini direncanakan akan berdiri pada tahun 2027 di Kota Makassar, Sulawesi Selatan.
3. Bentuk badan usaha perusahaan ini direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 170 orang.
4. Dari hasil analisa ekonomi diperoleh bahwa :

Hasil analisa ekonomi diperoleh bahwa :

- *Percent Return on Investment* sebelum pajak adalah 34,50 % dan setelah pajak adalah 26,06 %.
- *Pay Out Time* tahun sebelum pajak 2,18 tahun dan sesudah pajak adalah 3,11
- *Break Even Point* pabrik adalah 41,14 %.
- *Shut Down Point* pabrik adalah 23,75%.
- *Internal Rate of Return (IRR)* adalah 15,82 %.

Berdasarkan hasil analisa di atas maka Prarancangan pabrik garam farmasi ini layak dan dapat dilanjutkan ke tahap perancangan sesuai dengan prosedur yang telah direncanakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2018, *Down Filmtec NF90-4040 Nanofiltration Membrane* diakses dari <https://www.home-water-purifiers-and-filters.com/filmtec-NF90-4040.php>
- Asahimas Chemical Group. 2009. *Material Safety Data Sheet Sodium Hydroxide Liquid 48%*. Cilegon : CVT Department PT. Asahimas Chemical.
- Aries, R.S. and R.R. Newton. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw Hill Book Co. Inc. New York.
- ASME *Guidelines for Water Quality in Modern Industrial Water Tube Boilers for Reliable Continuous Operation*, 1994, [http://purewatergroup.cpm/site\\_english/img/tabellen/tabel2\\_4.pdf](http://purewatergroup.cpm/site_english/img/tabellen/tabel2_4.pdf)
- ASME Water Quality Standard, 1994, *Water Quality Standard for Cooling Water, Cold water, Hot water, Makeup Water*, <http://www.mech.co.jp/web-en/01/02/img/kijun02.pdf>
- BPPP, Kementerian Perdagangan. 2016. *Bedah Naskah BRIK Garam*. Jakarta.
- Brown, C. G. 1978. *Unit Operation*. Tokyo : Modern Asia Edition Charles Tuttle, Co.
- Brownell, L. E. dan Young, E. H. 1959. *Process Equipment Vessel Design, 1<sup>st</sup> ed.*, New Delhi : John Wiley and Sons.
- Burhanuddin, 2001. *Strategi Pengembangan Industri Garam di Indonesia*, Kanisius, Yogyakarta.
- Chemical Engineering Magazine. 2015.
- Coulson, J. M., and Richardson J. F. 1985. *An Introduction to Chemical Engineering Design Volume 6*. Oxford : Pergamon Press.
- Couper, J. R. 2003. *Process Engineering Economics*. New York : Marcel Dekker Inc.
- Foust, A.S. 1980. *Principle of Unit Operation, 2<sup>nd</sup> ed.* New York : John Wiley and Sons Inc.
- Geankoplis, Christie J. 1997. *Transport Processes and Unit Operations, 3<sup>rd</sup> edition*. New Delhi : Printice Hall of India Co.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). 2015. *Data Neraca Garam Periode 2009 – 2015*.



- Kern, D. Q., 1988. *Process Heat Transfer*. 24<sup>th</sup> ed., Singapore : Mc. Graw Hill Book Co.
- Kirk, R.E. and Othmer, P.F., 1998, *Encyclopedia of Chemical Technology*, vol 22, 4th edition, A Wiley Interscience Publication, John Wiley and Sons Co. New York
- Levenspiel, Octave., 1999, *Chemical Reaction Engineering*, 3rd edition, John Wiley & Sons., New York.
- Matche, "Equipment Cost". <http://matche.com> (Diakses 2 Agustus 2018)
- Peraturan Menteri Perindustrian No, 88/M -IND/PER/10/2014 tentang perubahan atas Peraturan Menteri Perindustrian No, Permenperin Nomor : 134/M IND/PER/10/2009 tentang peta panduan pengembangam klaster industri garam. 2014. Jakarta
- Perry R. H dan Green D. W. 2008. *Perry's Chemical Engineering Handbook*, 8<sup>th</sup> ed., New York : Mc. Graw Hill Book Co.
- Pertamina. 2007. *Material Safety Data Sheet (MSDS) Diesel Oil*. Jakarta : Directorate of Marketing and Business PT. Pertamina (Persero)
- Peters, M. S and Timmerhaus, K. D., 1991. *Plant and Design Economic for Chemical Engineers* 4<sup>th</sup> ed., Singapore : Mc. Graw Hill Book International
- Severn, W.H., Degler, H.E., Milles, J.C., 1964, *Steam, Air, and Gas Power, Modern Asia Edition*, John Wiley and Sons Inc. New York.
- Smith, J.M. and Van Ness, H.C., 2001, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 6th edition, Mc Graw Hill Kogakusha Ltd. Tokyo.
- Ullman's, 1989, "Encyclopedia of Industrial Chemistry" Vol A1. Wilhelm Fifth Completely Revised Edition of Germany
- Ulrich, G. D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic*. New York : John Wiley and Sons Inc.
- Yaws, C.L., 1999. *Thermodynamics and Physical Property Data*, McGraw-Hill Book Co, Tokyo.
- Yaws, C.L., 1999. *Thermodynamics and Physical Property Data*, McGraw-Hill Book Co, Tokyo.

**LAMPIRAN A**  
**PERHITUNGAN NERACA MASSA**

Kapasitas produksi : 2.000 ton/tahun

Dipilih Basis perhitungan : 260 kg /jam

1 tahun operasi : 330 hari/tahun

1 hari kerja : 24 jam

Kapasitas produksi garam farmasi tiap jam :

$$= 2000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}}$$

$$= 252,52 \text{ kg/jam}$$

Data yang diketahui :

Table L.A 1 Data berat molekul

No	Komponen	BM (kg/kmol)
1.	NaCl	58,45
2.	MgCl <sub>2</sub>	95,23
3.	CaCl <sub>2</sub>	110,99
4.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	106
5.	NaOH	40
6.	Mg(OH) <sub>2</sub>	58,34
7.	CaCO <sub>3</sub>	100,09
8.	H <sub>2</sub> O	18

Table L.A 2 Data kelarutan pada suhu 30 °C

No	Komponen	Kelarutan dalam 100 kg H <sub>2</sub> O
1.	NaCl	36,3
2.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	48,51
3.	MgCl <sub>2</sub>	56
4.	CaCl <sub>2</sub>	102

NaCl	
Komposisi NaCl	= 92,69%
Komposisi H <sub>2</sub> O	= 2,24%
Komposisi CaCl <sub>2</sub>	= 2,52%
Komposisi MgCl <sub>2</sub>	= 2,55%

(Info Komoditi Garam dari KKP, 2016)

NaOH	
Komposisi NaOH	= 40%
Komposisi H <sub>2</sub> O	= 60%

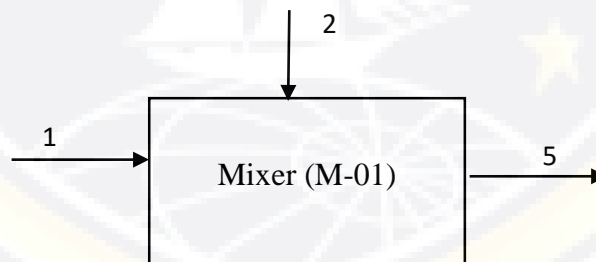
(Asahimas Chemical Group, 20012)

Garam Farmasi	
Komposisi NaCl	= 99,8%
Komposisi H <sub>2</sub> O	= 0,2%
Komposisi impuritas (senyawa lain)	= 0%

(Perry 1999)

Unit persiapan bahan baku Garam Rakyat diasumsikan efisien 100% untuk semua alat yang digunakan yaitu Gudang Penyimpanan dan Belt Conveyor. Dengan perhitungan alur mundur diperoleh laju alir massa sesuai dengan basis perhitungan yang digunakan dari gudang hingga masuk Mixer-01 = 260 kg/jam.

#### L.A.1 Mixer NaCl (M-01)



Fungsi : untuk melarutkan garam rakyat dengan air proses

Neraca Massa :

$$F1 + F2 \longrightarrow F5$$

**Umpan masuk :**

F1 (garam rakyat dari gudang garam penyimpanan) :

$$\text{Massa NaCl} : 92,69\% \times 260 \text{ kg/jam} = 240,994 \text{ kg/jam}$$

Massa H<sub>2</sub>O : 2,24% x 260 kg/jam = 5,824 kg/jam

Massa CaCl<sub>2</sub> : 2,52% x 260 kg/jam = 6,552 kg/jam

Massa MgCl<sub>2</sub> : 2,55% x 260 kg/jam = 6,63 kg/jam

F1 = 260 kg/jam

F2 ( air pengencer ) :

Massa H<sub>2</sub>O untuk NaCl =  $\frac{100}{36,3} \times 240,994 \text{ kg/jam} = 663,895 \text{ kg/jam}$

Massa H<sub>2</sub>O untuk MgCl<sub>2</sub> =  $\frac{100}{56} \times 6,63 \text{ kg/jam} = 11,839 \text{ kg/jam}$

Massa H<sub>2</sub>O untuk CaCl<sub>2</sub> =  $\frac{100}{102} \times 6,552 \text{ kg/jam} = 6,423 \text{ kg/jam}$

F2 = 682,158 kg/jam

**Umpan keluar :**

F5 (larutan garam menuju reaktor)

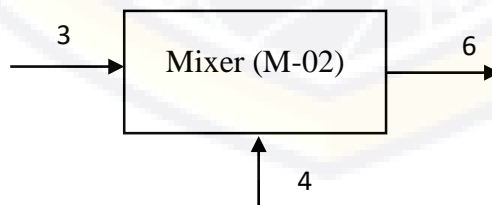
F5 = 260 kg/jam + 682,158kg/jam

= 942,158kg/jam

Table L.A 3 Neraca Massa pada Mixer Nacl (M-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	1	2	5
NaCl	240,994		240,994
H <sub>2</sub> O	5,824	682,158	685,593
CaCl <sub>2</sub>	6,552		6,552
MgCl <sub>2</sub>	6,63		6,63
Total	260	682,158	942,158
	942,158		

**L.A.2 Mixer Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (M-02)**



Fungsi : melarutkan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dengan menggunakan air proses

Neraca Massa:

$$F3 + F4 \longrightarrow F6$$

**Umpan masuk :**

F3 ( Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dari gudang penyimpanan)

Massa Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang dibutuhkan dalam reaktor = 6,020 kg/jam

Arus 4 (air pengencer)

Kelarutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dalam air 100 kg pada suhu 30 °C = 48,51 kg

$$\begin{aligned} \text{Massa H}_2\text{O} &= \frac{100}{48,51} \times 6,020 \text{ kg/jam} \\ &= 11,920 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

**Umpan keluar :**

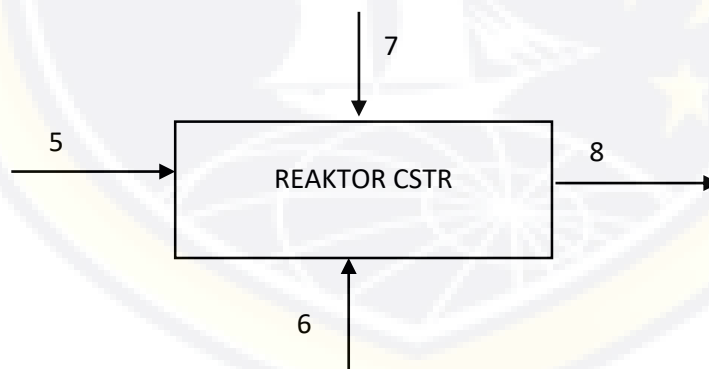
F6 (larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> menuju reaktor)

$$\begin{aligned} F6 &= 6,020 \text{ kg/jam} + 11,920 \text{ kg/jam} \\ &= 17,940 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Table L.A 4 Neraca Massa pada Mixer 2 (M-02)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	3	4	6
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	6,020		6,020
H <sub>2</sub> O		11,920	11,920
Total	17,940		17,940

**L.A.3 Reaktor (R-01)**



Fungsi : Mereaksikan NaOH dan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dengan MgCl<sub>2</sub> dan CaCl<sub>2</sub>

Neraca Massa :

$$F5 + F6 + F7 \longrightarrow F8$$

**Umpan masuk :**

F5 (larutan garam dari M-01)

Massa NaCl = 240,994 kg/jam

Massa H<sub>2</sub>O = 687,982 kg/jamMassa CaCl<sub>2</sub> = 6,552 kg/jamMassa MgCl<sub>2</sub> = 6,630 kg/jamKonversi MgCl<sub>2</sub> = 77,40%Konversi CaCl<sub>2</sub> = 96,20%

(Reig.M dkk.2015)

Asumsi Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dan NaOH habis beraksi

Reaksi yang terjadi :

**Reaksi 1 :**

	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	+	CaCl <sub>2</sub>	→	CaCO <sub>3</sub>	+	2NaCl
Mula-mula	0,0568 kmol		0,0590 kmol		-		-
Reaksi	0,0568 kmol		0,0568 kmol		0,0568 kmol		0,114 kmol
Sisa	0 kmol		0,0022 kmol		0,0568 kmol		0,114 kmol

**Reaksi 2 :**

	2NaOH	+	MgCl <sub>2</sub>	→	Mg(OH) <sub>2</sub>	+	2NaCl
Mula-mula	0,106 kmol		0,070 kmol		-		-
Reaksi	0,106 kmol		0,053 kmol		0,053 kmol		0,106 kmol
Sisa	0 kmol		0,0195 kmol		0,053 kmol		0,106 kmol

F6 ( larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dari mixer 2 )
$$\begin{aligned} \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ yang dibutuhkan} &= 0,0568 \text{ kmol/jam} \times 106 \text{ kg/kmol} \\ &= 6,020 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O} &= \frac{100}{48,51} \times 6,020 \text{ kg/jam} \\ &= 12,411 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Arus 7 (larutan NaOH dari tangki NaOH)

$$\begin{aligned} \text{NaOH yang dibutuhkan} &= 0,106 \text{ kmol/jam} \times 40 \text{ kg/kmol} \\ &= 4,24 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Kadar air pada larutan NaOH = 60%

$$\text{H}_2\text{O} = \frac{60}{40} \times 4,24 \text{ kg/jam}$$

$$= 6,36 \text{ kg/jam}$$

**Umpan keluar :**

Arus 8 (produk keluaran R-01)

$$\begin{aligned} \text{Massa NaCl} &= (0,114 + 0,106) \text{ kmol/jam} \times 58,45 \text{ kg/kmol} \\ &= 12,859 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa CaCO}_3 &= 0,0568 \text{ kmol/jam} \times 100,09 \text{ kg/kmol} \\ &= 5,685 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Mg(OH)}_2 &= 0,053 \text{ kmol/jam} \times 58,32 \text{ kg/kmol} \\ &= 3,090 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa CaCl}_2 &= 0,0022 \text{ kmol/jam} \times 109 \text{ kg/jam} \\ &= 0,249 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa MgCl}_2 &= 0,0195 \text{ kmol/jam} \times 93,3 \text{ kg/jam} \\ &= 1,565 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

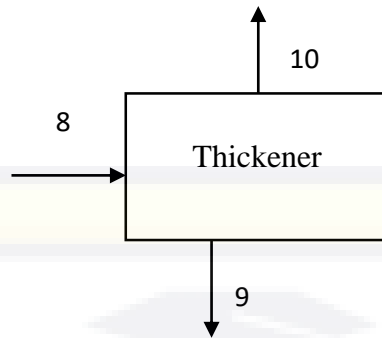
$$\begin{aligned} \text{Total massa NaCl} &= 12,859 \text{ kg/jam} + 240,994 \text{ kg/jam} \\ &= 253,851 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total massa H}_2\text{O} &= 687,982 \text{ kg/jam} + 11,920 \text{ kg/jam} + 6,383 \text{ kg/jam} \\ &= 706,285 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Tabel L.A 5 Neraca Massa di Reaktor (R-01)

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)
	5	6	7	8
NaCl	240,994			253,851
H <sub>2</sub> O	687,982	11,920	6,383	706,285
CaCl <sub>2</sub>	6,552			0,249
MgCl <sub>2</sub>	6,630			1,565
NaOH			4,255	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>		6,020		
CaCO <sub>3</sub>				5,684
Mg(OH) <sub>2</sub>				3,103
Total	942,158	17,940	10,638	970,736
	970,736			

#### L.A.4 Thickener (TH-01)



Fungsi : Memisahkan padatan  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{Mg(OH)}_2$  dari larutan garam

Neraca Massa :

$$F8 \longrightarrow F9 + F10$$

**Umpam masuk :**

F8 (larutan garam dari reaktor) :

Padatan masuk ( $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{Mg(OH)}_2$ ) = 8,787 kg/jam

Komposisi padatan

$\text{CaCO}_3$  = 64,69%

$\text{Mg(OH)}_2$  = 35,31%

Filtrat yang masuk ke TH-01 = 961,949 kg/jam

Komposisi filtrat :

NaCl = 26,39%

Air = 73,42%

$\text{CaCl}_2$  = 0,03%

$\text{MgCl}_2$  = 0,16%

**Umpam keluar :**

F10 (padatan hasil pemisahan) :

$\text{CaCO}_3$  = 64,69% x 8,787 kg/jam = 5,684 kg./jam

$\text{Mg(OH)}_2$  = 35,31% x 8,787 kg/jam = 3,103 kg/jam

Filtrat yang tertahan = 0,439 kg/jam

NaCl = 26,39% x 0,439 kg/jam  
= 0,116 kg/jam

Air = 73,42% x 0,439 kg/jam  
= 0,323 kg/jam

$\text{CaCl}_2$  = 0,03% x 0,439 kg/jam



$$= 0 \text{ kg/jam}$$

$$\text{MgCl}_2 = 0,16\% \times 0,439 \text{ kg/jam}$$

$$= 0,001 \text{ kg/jam}$$

F9 (larutan garam keluaran thickener) :

$$\text{Massa NaCl} = \text{massa NaCl F8} - \text{Massa NaCl F10}$$

$$= 253,735 \text{ kg/jam}$$

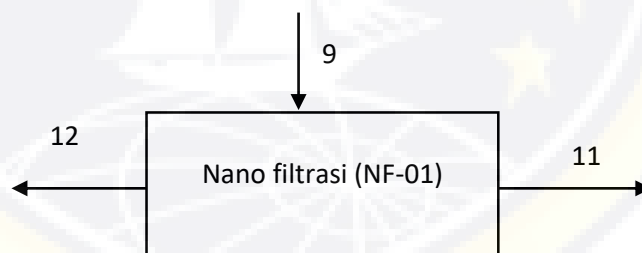
Untuk perhitungan komponen lainnya dilakukan dengan cara yang sama.

Total F9 adalah 961,510 kg/jam.

Tabel L.A 6 Neraca Massa pada Thikener (TH-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	8	9	10
NaCl	253,851	253,735	0,116
H <sub>2</sub> O	706,285	705,962	0,323
CaCl <sub>2</sub>	0,249	0,249	-
MgCl <sub>2</sub>	1,565	1,564	0,001
CaCO <sub>3</sub>	5,684	-	5,684
Mg(OH) <sub>2</sub>	3,103	-	3,103
Total	970,736	961,510	9,227
		970,736	

#### L.A.5 Nano Filtrasi (NF-01)



Fungsi : Memisahkan garam-garam divalen dan logam-logam berat dari larutan garam

Jenis membran yang digunakan adalah NF90-4040 *Nanofiltration Membrane* type membrane *Polyamide Thin-Film Composite* (TFC).

Neraca Massa :

$$\text{F9} \longrightarrow \text{F12} + \text{F11}$$

**Umpan masuk :**

F9 (arus larutan garam dari Thickener) :

Massa NaCl = 253,735 kg/jam

Massa H<sub>2</sub>O = 705,962 kg/jam

Massa CaCl<sub>2</sub> = 0,249 kg/jam

Massa MgCl<sub>2</sub> = 1,564 kg/jam

**Umpan keluar :**

Asumsi efisiensi Nano Filtrasi 100% dan semua CaCl<sub>2</sub> dan MgCl<sub>2</sub> menjadi retentat

F11 (Permeat dari membran nano filtrasi) :

Massa NaCl = 253,735 kg/jam

Massa H<sub>2</sub>O = 705,962 kg/jam

F12 (Retentat dari membran nano filtrasi)

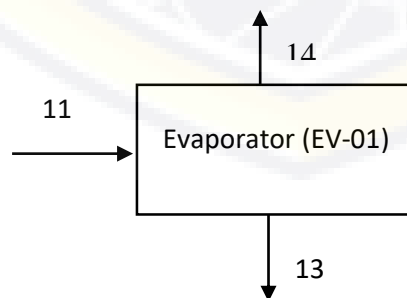
Massa MgCl<sub>2</sub> = 0,249 kg/jam

Massa CaCl<sub>2</sub> = 1,564 kg/jam

Table L.A 7 Neraca massa Nano Filtrasi (NF-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	9	12	11
NaCl	253.735	-	253.735
H <sub>2</sub> O	705.962	-	705.962
CaCl <sub>2</sub>	0.249	0.249	-
MgCl <sub>2</sub>	1.564	1.564	-
Total	961.510	1,813	959,697
		961.510	

**L.A.6 Evaporator (EV-01)**



Fungsi : Memekatkan larutan garam murni

Neraca massa :

$$F11 \longrightarrow F14 + F13$$

**Umpan masuk :**

Asumsi tidak ada NaCl yang ikut menguap :

$$\text{Massa NaCl input} = \text{massa NaCl output}$$

Kepekatan larutan keluar evaporator ditentukan berdasarkan perhitungan kelarutan NaCl pada suhu 110 °C (kondisi tepat jenuh atau siap mengkristal)

Kelarutan NaCl pada 110 °C (gram NaCl/100 gram H<sub>2</sub>O) = 39,68 gram

$$\begin{aligned} \text{Kepekatan NaCl} &= \text{massa NaCl} / (\text{massa H}_2\text{O} + \text{massa NaCl}) \\ &= (39,68 \text{ gram} / (100 \text{ gram} + 39,68 \text{ gram})) \times 100\% \\ &= 28,41 \% \end{aligned}$$

F11 (larutan garam menuju evaporator) :

$$\text{massa H}_2\text{O input} = 705,962 \text{ kg/jam}$$

**umpan keluar :**

F13 (produk keluar evaporator )

$$\begin{aligned} \text{massa H}_2\text{O ouput} &= \left( \frac{100-28,41}{28,41} \right) \times \text{massa NaCl Input (kg/jam)} \\ &= \left( \frac{100-28,41}{28,41} \right) \times 253,735 \text{ kg/jam} \\ &= 2,974 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

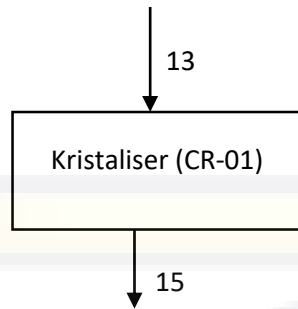
F14 (komponen air yang terevaporasi )

$$\begin{aligned} \text{massa H}_2\text{O uap} &= F11 - F13 \\ &= 705,962 \text{ kg/jam} - 2,974 \text{ kg/jam} \\ &= 639,452 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Tabel L.A 8 Neraca Massa Evaporator (EV-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	11	14	13
NaCl	253,735		253,735
H <sub>2</sub> O	705,962	66,510	639,452
Total	959,697	66,510	893,187
		959,697	

### L.A.7 Kristaliser (CR-01)



Tugas : menghasilkan kristal-kristal dari larutan NaCl

Neraca Massa :

F13 → F15

**Umpan masuk :**

Asumsi efisiensi Kristalizer 99%

F13 (larutan jenuh masuk)

$$\begin{aligned} \text{NaCl}_{(s)} &= 253,735 \text{ kg/jam} \times 99\% \\ &= 252,52 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

**Umpan keluar :**

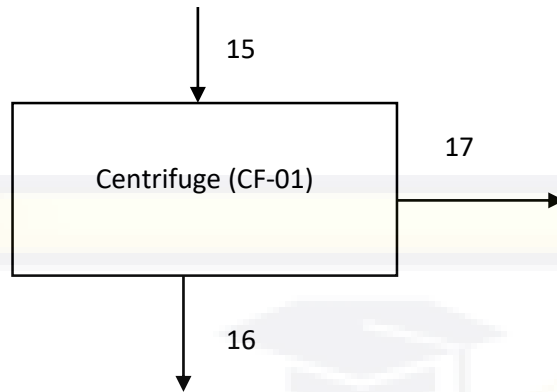
F15 ( kristal NaCl yang terbentuk dan mother liquor )

$$\begin{aligned} \text{NaCl}_{(l)} &= 253,735 \text{ kg/jam} - 252,52 \text{ kg/jam} \\ &= 1,269 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Table L.A 9 Neraca Massa pada Kristaliser (CR-01)

Komponen	Input	output
	13	15
NaCl (s)	253,735	252,5
H <sub>2</sub> O	639,452	639,452
NaCl (l)	-	1,269
Total	893,187	893,187

### L.A.8 Centrifuge (CR-01)



Fungsi : memisahkan kristal NaCl yang telah terbentuk dengan mother liquor.

Neraca Massa :

$$F15 \longrightarrow F16 + F17$$

**Umpan masuk :**

F15 (larutan kristal NaCl dan mother liquor masuk) = 893.187 kg/jam

**Umpan keluar :**

F16 (kristal NaCl) = 252,5 kg/jam

F17 (mother liquor) :

Asumsi 30% NaCl dalam Mother liquor ,Maka =  $\frac{252,5}{0,3}$

= 631,164 kg/jam

H<sub>2</sub>O dalam kristal = (639,452 kg/jam – 631,164 kg/jam)

= 8,287 kg/jam

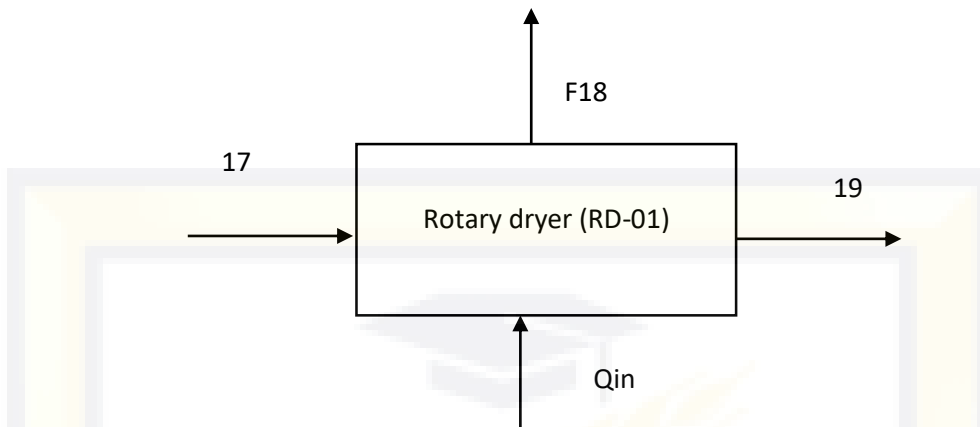
Massa H<sub>2</sub>O pada arus 17 = 639,452 kg/jam - 8,287 kg/jam

= 631,165 kg/jam

Table L.A 10 Neraca massa pada Centrifuge (CF-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	15	17	16
NaCl	252,52	-	252,52
H <sub>2</sub> O	639,452	631,165	8,287
NaCl(I)	1,269	1,269	-
Total	893,187	215,956	672,156
		893,187	

### L.A.9 Rotary Dryer (RD-01)



Fungsi : Memisahkan air dari kristal NaCl

Neraca massa :

$$F17 \longrightarrow F18 + F19$$

**Umpan masuk :**

F17 (kristal basah) :

$$\text{Massa NaCl} = 252,5 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Massa H}_2\text{O} = 8,287 \text{ kg/jam}$$

**Umpan keluar :**

F18 (uap air):

Asumsi rotary dryer bekerja 95 %

$$\begin{aligned} \text{Massa H}_2\text{O} &= 8,287 \text{ kg/jam} \times 95 \% \\ &= 7,873 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

F20 (produk NaCl 99,8%) :

$$\begin{aligned} \text{Massa H}_2\text{O} &= 8,287 \text{ kg/jam} - 7,873 \text{ kg/jam} \\ &= 0,414 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Massa NaCl} = 252,5 \text{ kg/jam}$$

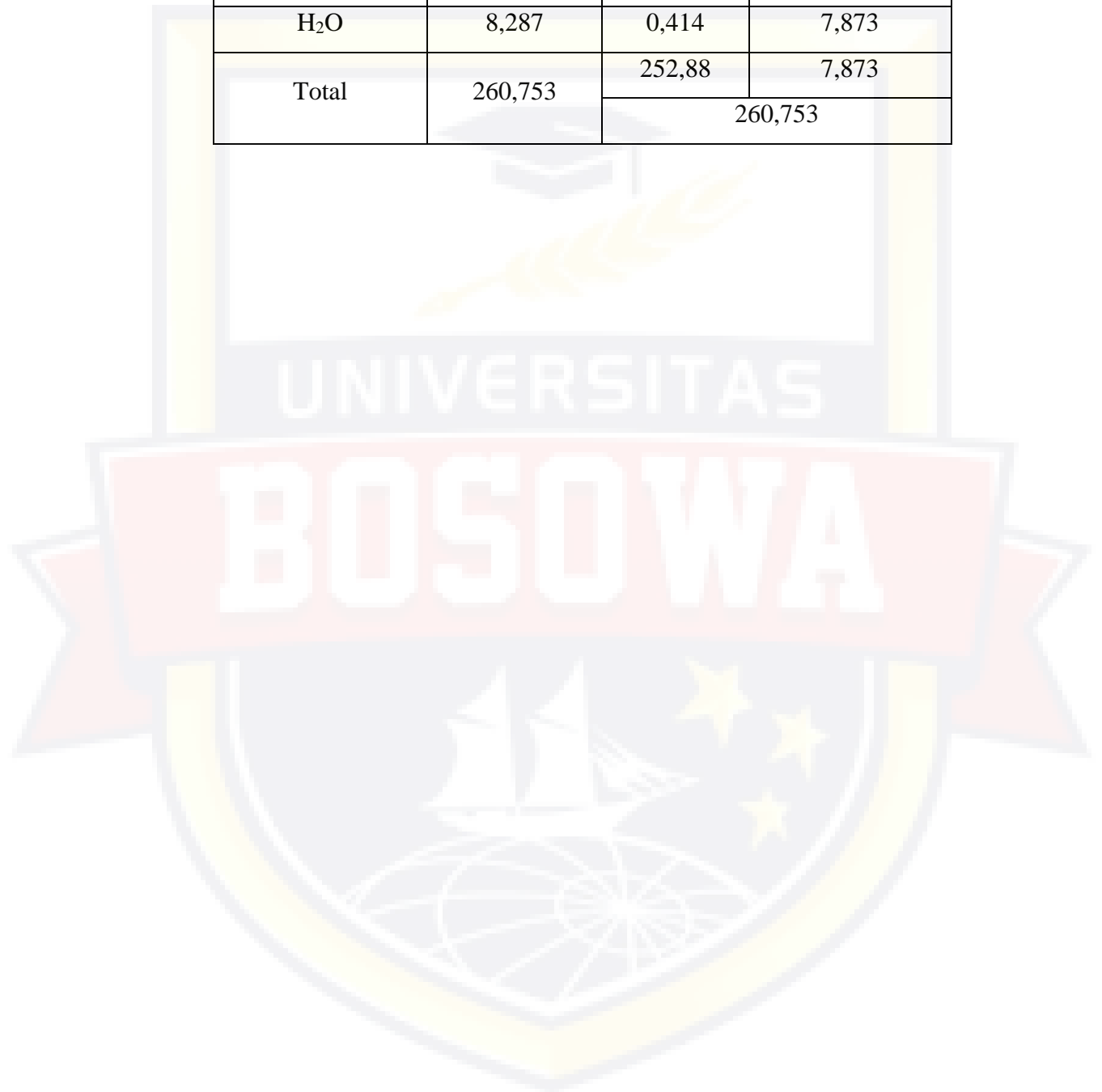
Diperoleh produk dengan kemurnian 99,8% NaCl

$$\begin{aligned} &= \frac{252,52 \text{ kg/jam}}{(0,414 \text{ kg/jam} + 252,52 \text{ kg/jam})} \\ &= 99,8 \% \text{ NaCl} \end{aligned}$$

Dengan H<sub>2</sub>O = 0,2 %

Table L.A 11 Naraca Massa Rotary Drayer (RD-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	16	19	18
NaCl	252,52	252,52	-
H <sub>2</sub> O	8,287	0,414	7,873
Total	260,753	252,88	7,873
		260,753	



**LAMPIRAN B**  
**PERHITUNGAN NERACA PANAS**

Kapasitas produksi : 2.000 ton/tahun  
 Basis : 1 jam operasi  
 $T_{reference}$  : 25°C ( 298,15 K )  
 Kapasitas panas : kJ  
 Laju alir massa : kg/jam

Semua data kapasitas panas baik cairan, gas dan padatan, data komponen, data entalpi pembentukan, dan data panas laten dari buku Yaws, 1999 dan Perry,ed.

VI.

**A. Kapasitas Panas Cairan**

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3$$

$$\int_{298}^T C_p dT = \left[ AT + \frac{BT^2}{2} + \frac{CT^3}{3} + \frac{DT^4}{4} + \frac{ET^5}{5} \right]_{T_1}^{T_2}$$

$C_p = \text{kJ/kmol (K)}$

Temperatur = Kelvin (K)

Table B.1 Data Konstanta Heat Capacities cairan

Komponen	BM	A	B	C	D
NaCl	58,4	95,016	-0,031081	$9,6789 \times 10^{-7}$	$5,5116 \times 10^{-9}$
H <sub>2</sub> O	18	92,053	-0,039953	-0,00021103	$5,3469 \times 10^{-7}$
NaOH	40	87,639	-0,00048368	$-4,5423 \times 10^{-6}$	$1,1863 \times 10^{-9}$
MgCl <sub>2</sub>	93,3	21,836	0,014404	$1,3651 \times 10^{-6}$	
CaCl <sub>2</sub>	109	6,29	0,0014		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	106	132,785	-0,0009	-0,000006	$1,23 \times 10^{-8}$

**B. Kapasitas Panas Padatan**

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3$$

$$\int_{298}^T C_p dT = \left[ AT + \frac{BT^2}{2} + \frac{CT^3}{3} + \frac{DT^4}{4} + \frac{ET^5}{5} \right]_{T_1}^{T_2}$$

$C_p = \text{kJ/kmol (K)}$



Temperatur = Kelvin (K)

Table B.2 Data konstanta heat capacities padatan

Komponen	BM	A	B	C	D
NaCl	58,5	41,293	0,033607	$-1,3927 \times 10^{-5}$	
MgCl <sub>2</sub>	93,3	21,836	0,014404	$1,3651 \times 10^{-6}$	
CaCl <sub>2</sub>	109	6,29	0,0014		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	106	132,785	-0,0009	-0,000006	$1,23 \times 10^{-8}$
CaCO <sub>3</sub>	100,09	19,68	0,01189		-307600
Mg(OH) <sub>2</sub>	58,32	18,2			

### C. Kapasitas Panas Fase Gas

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

$$\int_{298}^T C_p dT = \left[ AT + \frac{BT^2}{2} + \frac{CT^3}{3} + \frac{DT^4}{4} + \frac{ET^5}{5} \right]_{T_1}^{T_2}$$

$$C_p = \text{kJ/kmol (K)}$$

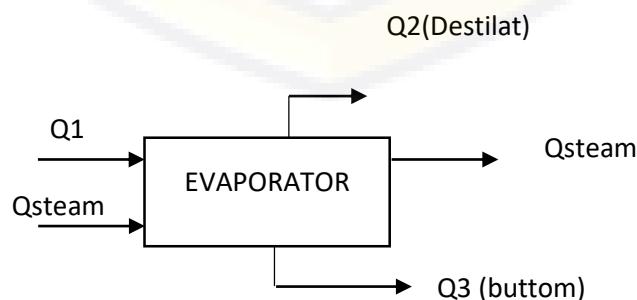
Temperatur = Kelvin (K)

Table B.3 Data Konstanta heat capacities Gas

Komponen	BM	A	B	C	D	E
H <sub>2</sub> O	18	33,933	-0,0084186	$2,991 \times 10^{-5}$	$-1,7825 \times 10^{-8}$	$3,6934 \times 10^{-12}$
NaCl	58,5	26,445	0,05083	$-8,55 \times 10^{-5}$	$6,2288 \times 10^{-8}$	$-1,6304 \times 10^{-11}$
N <sub>2</sub>	14	29,342	-0,00354	$1,008 \times 10^{-5}$	$-4,3116 \times 10^{-9}$	$2,5935 \times 10^{-13}$
O <sub>2</sub>	16	29,526	-0,0089	$3,808 \times 10^{-5}$	$-3,2629 \times 10^{-8}$	$8,8607 \times 10^{-12}$

### L.B.1 Evaporator (EV-01)

Menghitung luas perpindahan panas pada evaporator dan menghitung jumlah kebutuhan panas steam.



Kondisi Operasi :

Suhu feed = 30 °C

Suhu steam = 150°C

Tekanan = 1 atm

- a. Menghitung laju panas Q1 (panas larutan masuk Ev-01)

T masuk = 30 °C = 303,15 K

Table L.B 4 Neraca Panas masuk evaporator

Komponen	BM	massa	kmol	Cp	Q (kJ/jam)
NaCl	58,45	253,7347	4.341	7.204,806	31.276,457
H <sub>2</sub> O	18	705,9625	39.220	6.399,882	251.004,260
Total					282.280,717

- b. Menghitung laju panas Q3 (panas larutan keluar evaporator)

T = 389,42 K = 116,35°C

Table L.B 5 Neraca Panas Keluar Evaporator

Komponen	BM	massa	kmol	Cp	Q (kJ/jam)
NaCl	58,5	253,7347	4,337345	7.728,351	33.520,523
H <sub>2</sub> O	18	639,4523	35,52513	6.876,258	244.279,962
Total					277.800,485

- c. Menghitung laju panas Q2 (panas uap keluaran dari evaporator)

Q sensibel = 23.647,640 kJ/jam

Q laten = 150.409,657 kJ/jam

Q4 = Qsensibel + Q laten

= 174.057,297 kJ/jam

Neraca Panas :

$$Q2 + Qs = Q3 + Q4 + Q_{CN}$$

$$Q2 + S \times \lambda_s = Q3 + Q4$$

- d. Menghitung massa steam dan luas perpindahan panas

Diketahui : Suhu steam = 413,15 K = 140 °C

Maka  $\Delta T_{\text{reff}} = T_{\text{steam}} - T_{\text{keluar evaporator}}$

= 23,73 K

$$\begin{aligned}
 H_f &= 596,3 \text{ kJ/kg} \\
 H_g &= 1.547,7 \text{ kJ/kg} \\
 \lambda_{\text{steam}} &= H_g - H_f \\
 &= 2.144 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

Massa Steam

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{Q}{\lambda_s} \\
 &= 79,072 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Asumsi nilai  $U = 3325 \text{ W/m}^2\text{K}$

Luas area evaporator

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{S \times \lambda_s}{U \times \Delta T_{\text{reff}}} \\
 A &= 6,440 \text{ m}^2 = 63.464 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Supply Panas} &= S \times \lambda_{\text{steam}} \\
 &= 169.577,065 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

Table L.B 6 Neraca Panas pada Evaporator EV-01

Input	kJ/jam	Ouput	kJ/jam
Panas larutan dari reaktor	282.280,717	Panas uap keluar	174.057,297
supply panas	169.577,065	Panas larutan keluar	277.800,485
Total	451.857,782		451.857,782

### L.B.2 Kristaliser (KR-01)



Menghitung jumlah air kebutuhan pendingin

Kondisi operasi :

Suhu larutan masuk	: 116,35°C
Suhu air pendingin	: 30°C
Suhu air pendingin keluar	: 45°C
Suhu kristalisasi	: 40°C
Panas kelarutan NaCl	: -4870,176 kJ/kmol

Tanda (-) berarti dalam kristalisasi NaCl membutuhkan panas sehingga digolongkan dalam panas masuk.

Neraca Massa total :

$$Q_3 + Q_{cw \text{ in}} + \Delta H_s = Q_4 + Q_{cw \text{ out}}$$

**Panas Masuk :**

Menghitung laju panas Q3 (panas masuk ke kristaliser)

$$T_{\text{Umpan}} = 116,35^\circ\text{C} = 389,50 \text{ K}$$

$$T_{\text{air pendingin}} = 30^\circ\text{C} = 303,15$$

Table L.B 7 Neraca Panas masuk KR-01

Komponen	BM	massa	Kmol	Cp	Q (kj/jam)
NaCl	58.500	253,735	4,337	7.734,447	33.546,963
H <sub>2</sub> O	18.000	639,452	35,525	6.881,820	244.477,520
Q <sub>cw in</sub> (air pendingin)	18	m	x	377,486	Cp.x
Panas Kristalisasi ΔH <sub>s</sub>	58,5	253,73	4,337	-,4.870,176	21.123,631

**Panas Keluar**

a. Menghitung laju panas Q4 (panas keluar dari kristaliser)

Table L.B 8 Neraca panas keluar KR-01

Komponen	BM	massa	Kmol	Cp	Q (kj/jam)
NaCl(s)	58,5	252,52	4,331	753,954	3.265,648
NaCl (l)	58.5	1,269	0.087	1.286,460	111,596
H <sub>2</sub> O	18	639.452	35.525	1.130,993	40.178,668
Total					43495.021

b. Menghitung laju panas Q<sub>cw out</sub> (panas air pendingin keluar)

$$T_{\text{keluar}} = 318,15 \text{ K} = 45^\circ\text{C}$$

Massa air pendingin (m) :

$$Q_3 + Q_{cw \text{ in}} + \Delta H_s = Q_5 + Q_{cw \text{ out}}$$

Maka diperoleh nilai x sebesar = 226,308 kmol/jam

Sehingga massa air pendingin = 226,308 kmol/jam x 18 kg/kmol

$$= 4073,545 \text{ kg/jam}$$

Maka Q<sub>cw in</sub> = 84.428,219 kg/jam

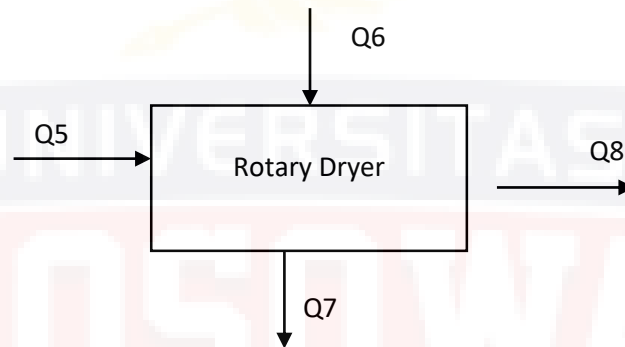
$$Q_{cw \text{ out}} = 1.507,154 \times X$$

$$= 341.081,312 \text{ kg/jam}$$

Table L.B 9 Neraca Panas pada Kristalliser (KR-01)

Masuk	kJ/jam	Keluar	kJ/jam
Panas larutan dari EV-01	278.024,483	Panas larutan keluar KR-01	3.265,648
Air pendingin (Q <sub>cw in</sub> )	84.428,219	Air pendingin (Q <sub>cw out</sub> )	341.081,312
Panas Kristalisasi ( $\Delta H_s$ )	21.123,631		
Total	384.576,33		384.576,33

### L.B.3 Rotary Dryer (RD-01)



Menghitung kebutuhan udara pengering dan jumlah panas yang dilepas

- a. Menghitung laju panas Q4 (Panas kristal masuk)

$$T_{\text{masuk}} = 30^\circ\text{C}$$

Table L.B 10 Neraca panas masuk RD-01

Komponen	BM	Massa	kmol	Q (kj)
NaCl	58,45	252,52	4,254	3.202,133
H <sub>2</sub> O	18	8,287	23,528	26.565,221
Total				29.767,354

- b. Menghitung laju panas Q5 (Panas udara masuk) dan Q6 (panas udara keluar)

$$T_{\text{masuk}} = 343,15 \text{ K} = 70^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{keluar}} = 45^\circ\text{C}$$

Table L.B 11 Neraca panas supply steam

Komponen	BM	Massa	kmol	Cp	Q (kj)
Panas udara masuk					
N2	14	2.080,192	148,585	609,585	90.575,294
O2	16	552,963	34,560	628,095	21.707,063
Total					166.411,4
Panas udara keluar					
N2	14	2.080,192	148,585	581,686	86.429,962
O2	16	552,963	34,560	590,505	20.407,958
Total					105.282,36

c. Menghitung laju panas produk kristal Q7 (panas produk kristal)

Dengan trial diperoleh suhu keluar rotary dryer = 344,425 K

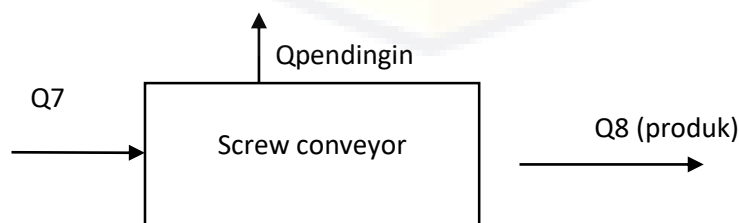
Tabel L.B 12 Neraca panas keluar RD-01

Komponen	BM	Massa	kmol	Cp	Q (kj)
NaCl	58.5	252,52	4,251	1.006,521	9.962,756
H <sub>2</sub> O	18	0,414	0,016	880,677	57.327
Total					10.020.083

Neraca Panas pada Rotary Dryer (RD-01)

Input	kJ/jam	Output	kJ/jam
Panas feed kristal masuk	29.767,354	Panas produk kristal	10.020,083
Panas udara masuk	105.282.36	Panas udara keluar	127.543,587
Total	137.563.669		137.563,669

#### L.B.4 Screw Conveyor dengan Jaket Pendingin (SC-03)



Mendinginkan produk hingga ke suhu penyimpanan

- a. Menghitung laju panas Q7 (Panas Kristal NaCl dari RD-01)

$$Q7 = 10.020,083 \text{ kJ/jam}$$

- b. Menghitung laju panas Q11 (panas produk akhir)

Diharapkan suhu akhir produk adalah 30°C

Table L.B 13 Neraca panas produk keluar SC-03

Komponen	BM	Massa	kmol	Cp	Q
NaCl	58,5	252,52	8,4586	250,6902	2.120,5109
H <sub>2</sub> O	18	0,414	0,0164	377	6,2169
Total					2.126,727

- c. Menghitung kebutuhan air pendingin yang digunakan

$$T_{\text{in pendingin}} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{out pendingin}} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{Pendingin}} = n \times \int_{303,15}^{318,15} (Cp) dT$$

$$Q_{\text{pendingin}} = Q10 - Q11$$

$$= 7.893,355 \text{ kJ/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa air pendingin} &= \frac{(Q_{\text{pendingin}})}{\left(\int_{303,15}^{318,15} (Cp) dT\right)} \times BM_{\text{air}} \\ &= \frac{7.893,355}{1.129,668} \times 18 \text{ kg/kmol} \\ &= 10,7488 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca Panas pada Screw Conveyor (SC-03)

Masuk	kJ/jam	Keluar	kJ/jam
Panas Kristal NaCl dari RD-01	10.020,083	Panas produk akhir	2.126,728
		Qpendingin	7.893,355
Jumlah	10.020,083		10.020,083

**LAMPIRAN C**  
**PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT**

**L.C.1 Tangki Penyimpanan Cairan**

Ada beberapa tangki penyimpanan, yaitu :

Tangki H<sub>2</sub>O (T-01) : Menyimpan air proses

Tangki NaOH (T-02) : Menyimpan NaOH 60%

Bahan konstruksi : *Low Alloy SA-204 Grade A*

Bentuk : Bejana silinder dengan head berbentuk  
*thorisppherical*

Jumlah : 1 unit

Perhitungan untuk T-01

Kondisi operasi :

Temperatur = 30<sup>0</sup>C = 303,15 K

Tekanan = 1 atm = 101,325 kPa

Laju alir massa = 700,461 kg/jam

Densitas = 997 kg/m<sup>3</sup>

Kebutuhan perancangan = 30 hari

Faktor kelonggaran = 20%

Menentukan volume tangki :

$$V_{\text{larutan}} = \frac{(700,461 \times 24 \times 15)}{997} = 505,849 \text{ m}^3$$

V tangki (V<sub>t</sub>) = 1,2 x 505,849 = 607 m<sup>3</sup>

Menentukan diameter dan tinggi tangki :

D = H (Pers. 3.11, Brownell 1977)

$$H = \frac{(4 \times V)^{1/3}}{\pi}$$

H = 8,63 m = D

Tebal shell tangki :

Direncanakan menggunakan shell plate dengan 72-in butt-welded course

(Appendix E, item 2, Brownell hal 347)



$$t = \frac{P \times r \times E}{2 \times f \times E - 0,2 \times P} + C \quad (\text{Brownell, 1959})$$

Keterangan :

$P_{\text{Design}} = 121,590 \text{ kPa}$

$r = 210 \text{ in}$

$f = 16250 \text{ psia} = 112040,5 \text{ kPa}$

$C = 0,125 \text{ in}$

$E = 1,633$

Maka  $th = 0,625 \text{ in}$

Dipilih tebal head standar yaitu  $5/6 \text{ in}$

Dari Tabel 5.8 Brownell and Young diperoleh nilai  $sf = 2,5 \text{ in}$  dan  $b = 210 \text{ in}$ .

Tinggi head :

$OA = th + b + sf = 6,93 \text{ m}$

Maka Tinggi tangki :

Tinggi tangki =  $H + OA = 19,731 \text{ m}$

untuk tangki NaOH (T-02) dilakukan dengan perhitungan yang sama.

Table L.C.1 Analog Perhitungan Tangki Penyimpanan

Tangki	Waktu simpan (hari)	Volume tangki ( $\text{m}^3$ )	Diameter tangki (m)	Tinggi tangki (m)	Tebal shell /tutup (in)	Jumlah (unit)
T-01	30	607	8,63	19,731	0,625	1
T-02	15	46	3,8	12,719	0,25	1

### L.C.2 Gudang Penyimpanan Bahan Baku

Ada beberapa gudang penyimpanan :

Gudang NaCl (G-01) : Tempat menampung sementara garam rakyat

Gudang  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (G-02) : Tempat menampung sementara  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

Bahan konstruksi : Dinding bata beton dengan atap seng

Bentuk : Persegi panjang

Jumlah : 1 unit

Kondisi penyimpanan :

Temperature : 30 OC = 303,15 K

Tekanan : 1 atm = 101,325 kPa

Untuk G-01 :

Kebutuhan perancangan : 4 hari = 96 jam

Laju alir massa : 260 kg/jam

Densitas : 2,162 kg/m<sup>3</sup>

Laju alir volumetrik (Q) :  $\frac{F}{\rho} = 120,259 \text{ m}^3/\text{jam}$   
= 11.544,86 m<sup>3</sup>/4 hari

Direncanakan gudang dengan perbandingan panjang : lebar : tinggi = 8:6:0,6

$P \times L \times T = 11.544,86 \text{ m}^3$

Volume gudang dinaikkan sebesar 20% maka :

$V = (1 + 0,2) \times 11.544,86 = 13.853,84 \text{ m}^3$

Diperoleh  $x = 481,036 \text{ m}^3$   
= 7,835 m

Sehingga :

Panjang gudang = 62,7 m

Lebar gudang = 47,012 m

Tinggi gudang = 4,701 m

untuk Gudang Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (G-02) dilakukan dengan perhitungan yang sama.

Table L.C.2 Analog Perhitungan Gudang Penyimpanan

Gudang	Waktu simpan (hari)	Volume (m <sup>3</sup> )	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (in)	Jumlah (unit)
G-01	4	11.544,86	62,7	47,012	4,701	1
G-02	4	228	16,932	12,699	1,270	1

### L.C.3 Belt Conveyor

Ada beberapa Belt conveyor , yaitu :

Belt conveyor NaCl (BC-01) : Mengangkut NaCl menuju M-01

Belt conveyor Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (BC-02) : Mengangkut Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> menuju M-02

Bahan konstruksi : *Logam Carbon Steel SA 283 Grade C*

Untuk BC-01 :

Jarak angkut (L) : 50 m = 164,042 ft

Kondisi operasi :

Temperature : 30 °C

Tekanan : 1 atm

Running angle : 30°

Berdasarkan table 5.5 (a) Walas, 1990 dipilih

Lebar belt : 18 in = 54,72 cm

Maka, kecepatan yang dibutuhkan ialah :

$$U = (260/78,6) \times 100 \quad (\text{Walas, 1990}) \\ = 3,308 \text{ ft/min}$$

Berdasarkan table 5.5 (b) Walas, 190 diperoleh :

Kecepatan maksimum : 500 ft/min

Panjang conveyor :  $164,042/\cos 30^\circ = 189,419 \text{ ft} = 57,735 \text{ m}$

Tinggi conveyor :  $164,042 \times \tan 30^\circ = 35,516 \text{ ft} = 10,825 \text{ m}$

Dengan menggunakan rumus dan grafik (c) dari tabel 5.5 Walas, 1998 diperoleh dari grafik : 0,95

$$\text{Power} = P_{\text{horizontal}} + P_{\text{vertikal}} + P_{\text{pempyu}} \quad (\text{Walas, 1990}) \\ = 0,899 \text{ hp}$$

Maka daya yang dibutuhkan adalah 1 hp

untuk Belt Conveyor Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (BC-02) dilakukan dengan perhitungan yang sama.

Table L.C.3 Analog Perhitungan Belt Conveyor

Belt Conveyor	Daya (hp)	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (in)	Jumlah (unit)
BC-01	1	57,7	0,547	10,825	1
BC-02	1	23	0,457	3,464	1

#### L.C.4 Pompa Evaporator

Ada beberapa pompa alat proses, yaitu :

1. P-01 : Memompa air proses dari tangki ke M- 01
2. P-02 : Memompa air proses dari tangki ke M-02
3. P-03 : Memompa larutan garam ke R- 01
4. P-04 : Memompa larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ke R-01
5. P-05 : Memompa larutan NaOH ke R- 01
6. P-06 : Memompa larutan dari R- 01 ke TC-01
7. P-07 : Memompa larutan dari TC-01 ke NF-01
8. P-08 : Memompa larutan dari NF-01 ke EV-01
9. P-09 : Memompa larutan dari EV-01 ke KR-01
10. P-10 : Memompa larutan dari KR-01 menuju CF-01

Jenis :

P-01 sampai P-09 = Pompa sentrifugal

P-10 = Pompa reciprocating

Bahan konstruksi : *stainless steel* ASTM 304L

Perhitungan untuk Pompa Evaporator :

Dalam perancangan ini dipilih pompa setrifugal single stage untuk P-01 sampai P-09 dengan pertimbangan lain yaitu:

- Kontruksi sederhana dan harganya relatif murah
- Tidak memerlukan area yang luas dan mudah perawatannya
- Suku cadang banyak di pasaran
- Dapat digabung dengan putaran pompa. Umumnya semakin cepat putaran, semakin kecil beban pompa dan motor

(Peter and Timmerhaus,1991)

Untuk P-10 digunakan pompa reciprocating karena fluida yang mengalir pada arus keluaran Kristalizer menuju Centrifuge memiliki viskositas yang tinggi sehingga cocok menggunakan pompa jenis ini.

Menentukan Bahan Kontruksi

Dipilih bahan konstruksi brupa *stainless steel* ASTM 304L karena :

- Bahan tahan korosi trhadap senyawa oksidator kuat
- Tahan terhadap range perubahan suhu yang cukup besar ( $0 - 925$ )° C
- Memiliki ketahanan tensile yang besar = 13.000 psia

Menghitung Power Pompa

Persamaan umum dalam menghitung power pompa adalah :

$$\text{Power pompa (HP)} = Q_f \cdot \rho \frac{-W_f}{\frac{550 \text{ ft.lbf/s}}{1 \text{ HP}} \eta}$$

Dimana :

$Q_f$  = kapasitas pompa, ft<sup>3</sup>/s

$\rho$  = densitas umpan, lbm/ft<sup>3</sup>

- $W_f$  = tenaga pompa per satuan massa, ft.lbf /lbm

$\eta$  = efisiensi pompa

Kondisi operasi :

Tekanan = 1 atm = 14,69 psi

Laju alir umpan = 959,6970 kg/jam = 0.5877 lbm/s

- Densitas Campuran pada Pompa Evaporator

Table L.C 4 Densitas pompa Evaporator

Komponen	F (kg/jam)	Fraksi Berat	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) (Wikipedia,2020)	$\rho$ campuran (kg/m <sup>3</sup> )
NaCl	253,735	0,264	2.162	563,152
H <sub>2</sub> O	705,962	0,735	996	732,667
Total	959,697	1		1.295,819

$$\rho \text{ campuran} = 1.295,8191 \text{ kg/m}^3 = 80,898 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\text{laju alir volumetrik (Q)} = \frac{F}{\rho} = \frac{0.5877 \text{ lbm/s}}{75,3189 \text{ lbm/ft}^3} = 0,0073 \text{ ft}^3/\text{s}$$

- Viskositas Campuran pada Pompa Evaporator

$$\mu = 0,01 \times \rho^{0,5} \quad (\text{Coulson,p.316})$$

$$\mu = 0,01 \times 80,898 \text{ lbm/ft}^3^{0,5} = 0,08994 \text{ lbm/ft}^3$$

Desain pompa : Asumsi aliran turbulen

$$\begin{aligned} D_{i,opt} &= 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 (0,0129)^{0,45} (75,3189)^{0,13} \\ &= 0,9661 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari Appendix A.5 Geankoplis (1997), dipilih pipa *Commercial steel* :

Ukuran nominal : 2 in

Schedule number : 40

Diameter Dalam (ID) : 2,067 in = 0,17225 ft

Diameter Luar (OD) : 2,375 = 0,1979 ft

Inside sectional area : 0,0223 ft<sup>2</sup>

$$\text{Kecepatan linear, } v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0073 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,0223 \text{ ft}^2} = 0,3258 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold : } N_{Re} &= \frac{\rho \times v \times D}{\mu} \\ &= \frac{80,898 \text{ lbm/ft}^3 \times 0,3258 \text{ ft/s} \times 0,17225 \text{ ft}}{0,08994 \text{ lbm/ft}^3} \\ &= 65083 \quad (\text{Turbulen } N_{Re} > 2100) \end{aligned}$$

Untuk pipa *commercial steel*, harga  $\varepsilon = 0,000046$

Pada  $N_{Re}$  dan  $\varepsilon/D = 0,0003$

Dari Fig.2.10-3 Geankoplis (1997), diperoleh harga  $f = 0.0065$

Friction loss :

$$\begin{aligned} \text{Sharp edge entrance} = h_c &= 0,55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2\alpha} \\ &= 0,55(1 - 0) \times \frac{(0,3258 \text{ ft/s})^2}{2 \times 32,174} \\ &= 0,0009 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{elbow } 90^\circ &= h_f = n \times K_f \times \frac{v^2}{2 \times gc} \\ &= 2 \times 0,75 \times \left(\frac{(0,3258 \text{ ft/s})^2}{2 \times 1 \times 32,174}\right) \\ &= 0,0025 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{1 check valve} &= h_f = n \times K_f \times \frac{v^2}{2 \times gc} \\ &= 1 \times 2 \times \left(\frac{(0,3258 \text{ ft/s})^2}{2 \times 1 \times 32,174}\right) \\ &= 0,0033 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pipa lurus } 80 \text{ ft} &= F_f = 4f \times \frac{\Delta L \times v^2}{D \times 2 \times gc} \\ &= 4 \times 0,0065 \times \left(\frac{80 \times (0,3258 \text{ ft/s})^2}{0,1723 \times 2 \times 32,174}\right) \\ &= 0,0199 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\text{1 sharp edge exit} = h_{ex} = \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)^2 \times \left(\frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc}\right)$$

$$= (1 - 0)^2 \times \left( \frac{(0,3258 \text{ ft/s})^2}{2 \times 1 \times 32,174} \right)$$

$$= 0,0016 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Total friction loss :  $\sum F = 0,0282 \text{ ft.lbf/lbm}$

Dari persamaan Bernoulli :

$$\frac{1}{2a} (v_2^2 - v_1^2) + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

(Geankoplis, 1997)

Dimana :

$$V_1 = V_2$$

$$P = 1 \text{ atm} = 2116,2168 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\Delta Z = 5 \text{ ft}$$

$$\rho = 2,256 \text{ hp}$$

Maka :

$$0 + \frac{32,174 \text{ ft/s}^2}{32,174 \text{ ft.lbm/lbf.s}^2} (5 \text{ ft}) - 2116,2168 \text{ lbf/ft}^2 + 0,0282 \text{ ft.lbf/lbm} + W_s = 0$$

$$W_s = 2111,18 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{BHP} = \frac{W_s \times Q \times P}{550} = \frac{2111,18 \text{ ft.lbf/lbm} \times 0,0073 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}} \times 2116,2168 \frac{\text{lbf}}{\text{ft}^2}}{550}$$

$$= 2,256 \text{ hp}$$

Efisiensi pompa 75 %

$$\text{Daya pompa} = 2,256 / ,75 \text{ hp}$$

$$= 3,008 \text{ hp}$$

Maka dipilih pompa standar = 3,2 hp

Analog perhitungan dapat dilihat pada P-01, sehingga diperoleh:

Table L.C.5 Spesifikasi Pompa Peralatan

No	Pompa	Diameter Optimum (in)	Daya pompa standar (hp)	Daya pompa (hp)
1	P-01	0,772	2	1,25
2	P-02	0,772	2	1,25
3	P-03	0,532	2	1,12
4	P-04	1,82	2,5	2,256
5	P-05	1,82	1.2	1,08
6	P-06	1,233	1,5	1,454
7	P-07	1,572	1	0,98
8	P-08	1,234	1	0,96
9	P-09	2,375	3,2	3,008
10	P-10	2,375	1	0,7

#### L.C.5 Mixer NaCl (M-01)

- Fungsi : Melarutkan Kristal garam rakyat dengan air proses
- Tipe : Tangki berpengaduk flat six blade open turbine dengan tutup dan alas thorispherical
- Bahan : *Stainless steel*
- Jumlah : 1 unit
- Kondisi operasi :
- Tekanan = 1 atm = 101,325 kPa
- Temperature = 30 °C = 303,15 K
- Laju alir massa : 942,158 kg/jam
- Densitas campuran : 72,889 kg/m<sup>3</sup>
- Viskositas : 0,085 lb/ft.s
- Kebutuhan perancangan : 1 jam
- Factor kelonggaran : 20% (figure.7.20. perry. 1997)



- Volume tangki

$$\begin{aligned} \text{Volume larutan} &= \frac{F \times 1 \text{ jam}}{p} \\ &= 12,9259 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= (1 + 0,2) \times 12,9259 \\ &= 15,511 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Diameter dan tinggi tangki shell

$$\text{Tinggi shell : Diameter (Hs : D = 2:1)}$$

$$D_i = 2,568 \text{ m} = 101,1 \text{ in}$$

$$H_s = 5,136 \text{ m}$$

- Diameter dan tinggi tutup

$$\text{Diameter tutup} = \text{diameter tangki} = 2,568 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi head : Diameter (Hh : D = 1:4)}$$

$$H_h = 0,642 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka tinggi mixer (Ht)} &= H_s + 2H_h \\ &= 6,42 \text{ m} \end{aligned}$$

- Tebal shell tangki

$$\begin{aligned} \text{tinggi cairan dalam tangki} &= \frac{V \text{ larutan}}{V \text{ tangki}} \times H_t \\ &= 4,352 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan table 13.2 Brownell, 1959

$$P_{\text{design}} = 180,224 \text{ kPa}$$

$$\text{Joint Efficiency (E)} = 80\%$$

$$\text{Allowble stress (f)} = 16.250 \text{ psia} = 112.040,5 \text{ kPa}$$

$$\text{Corrosion factor (C)} = 0,125 \text{ in}$$

$$r = 1,044 \text{ m} = 41,127 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} ts &= \frac{P \times rt}{(f \times E) - (0,6 \times P)} + C \\ &= 0,203 \text{ in} \end{aligned}$$

Diambil tebal standar 5/16 atau 1/3 in (Brownell, table 5.6 hal 88)

- Tebal tutup tangki

Tutup atas tangki terbuat dari bahan yang sama dengan shell maka tebal tutup tangki yang digunakan sama dengan tebal shell sebesar 5/16 in.

- Pengaduk

Jenis pengaduk : flat 6 blade turbin impeller

Jumlah baffle : 4 buah

Digunakan impeller turbin standart (McCabe, 1999 hal 243) diperoleh :

$D_a / D_t = 1/3$  ;Diameter impeller ( $D_a$ ) = 0,8180 m

$E / D_a = 1$  ;Tinggi turbin dari dasar tangki = 0,8180 m  
(E)

$L / D_a = 1/4$  ;Panjang blade pada turbin (L) = 0,2045 m

$W / D_a = 1/5$  ;Lebar blade pada turbin (W) = 0,1636 m

$J / D_t = 1/12$  ;Lebar baffle (J) = 0,2045 m

Bilangan Reynold,

$$N_{Re} = \frac{p \times N (D_a)^2}{\mu} \quad (\text{Geankoplis, 1997})$$

$$= 2.069.432$$

Karena nilai  $N_{re} > 10.000$  maka perhitungan pengadukan menggunakan rumus :

$$P = \frac{KT n^3 D_a^5 p}{\mu} \quad (\text{McCabe, 1999})$$

$$= 1,559$$

Effisiensi motor penggerak = 75% (Tabel 3.1 Coulson hal 94)

Daya motor penggerak = 2,078 hp

Maka daya motor standar = 3 hp

#### L.C.6 Mixer $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (M-02)

Fungsi : Melarutkan kristal  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dengan air proses

Tipe : tangki berpengaduk flat six blade open turbine dengan tutup dan alas thorispherical

Bahan : *Stainless steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

Tekanan = 1 atm = 101,325 kPa

Temperature = 30 °C = 303,15 K

Laju alir massa : 17,940 kg/jam

Densitas campuran : 78,175 kg/m<sup>3</sup>

Viskositas : 0,088 lb/ft.s

Kebutuhan perancangan : 1 jam

Factor kelonggaran : 20% (figure.7.20. perry. 1997)

- Volume tangki

$$\begin{aligned}\text{Volume larutan} &= \frac{F \times 1 \text{ jam}}{p} \\ &= 0,23 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= (1 + 0,2) \times 0,23 \\ &= 0,275 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Diameter dan tinggi tangki shell

Tinggi shell : Diameter (Hs : D = 2:1)

$$D_i = 0,669 \text{ m} = 26,375 \text{ in}$$

$$H_s = 1,339 \text{ m}$$

- Diameter dan tinggi tutup

$$\text{Diameter tutup} = \text{diameter tangki} = 0,669 \text{ m}$$

Tinggi head : Diameter (Hh : D = 1:4)

$$H_h = 0,167 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka tinggi mixer (Ht)} &= H_s + 2H_h \\ &= 1,674 \text{ m}\end{aligned}$$

- Tebal shell tangki

$$\begin{aligned}\text{tinggi cairan dalam tangki} &= \frac{V \text{ larutan}}{V \text{ tangki}} \times H_t \\ &= 1,135 \text{ m}\end{aligned}$$

Berdasarkan table 13.2 Brownell, 1959

$$P_{\text{design}} = 134,611 \text{ kPa}$$

$$\text{Joint Efficiency (E)} = 80\%$$

$$\text{Allowble stress (f)} = 16.250 \text{ psia} = 112.040,5 \text{ kPa}$$

$$\text{Corrosion factor (C)} = 0,125 \text{ in}$$

$$r = 0,272 \text{ m} = 10,729 \text{ in}$$

$$ts = \frac{P \times rt}{(f \times E) - (0,6 \times P)} + C$$

$$= 0,141 \text{ in}$$

Diambil tebal standar 5/17 in

(Brownell, table 5.6 hal 88)

- Tebal tutup tangki

Tutup atas tangki terbuat dari bahan yang sama dengan shell maka tebal tutup tangki yang digunakan sama dengan tebal shell sebesar 5/17 in.

- Pengaduk

Jenis pengaduk : flat 6 blade turbin impeller

Jumlah baffle : 4 buah

Digunakan impeller turbin standart (McCabe, 1999 hal 245) diperoleh :

$$Da / Dt = 1/3 \quad ; \text{Diameter impeller (Da)} = 0,418 \text{ m}$$

$$E / Da = 1 \quad ; \text{Tinggi turbin dari dasar tangki (E)} = 0,418 \text{ m}$$

$$L / Da = 1/4 \quad ; \text{Panjang blade pada turbin (L)} = 0,2045 \text{ m}$$

$$W / Da = 1/5 \quad ; \text{Lebar blade pada turbin (W)} = 0,1636 \text{ m}$$

$$J / Dt = 1/12 \quad ; \text{Lebar baffle (J)} = 0,1045 \text{ m}$$

Bilangan Reynold,

$$N_{Re} = \frac{p \times N (Da)^2}{\mu} \quad (\text{Geankoplis, 1997})$$

$$= 145.853$$

Karena nilai Nre >10.000 maka perhitungan pengadukan menggunakan rumus :

$$P = \frac{KT n^3 D_a^5 p}{\mu} \quad (\text{McCabe, 1999})$$

$$= 1,223$$

Effisiensi motor penggerak = 75% (Tabel 3.1 Coulson hal 94)

Daya motor penggerak = 1,631 hp

Maka daya motor standar = 2 hp

### L.C.7 Reaktor (R-01)

Fungsi : Menghilangkan impuritas dari garam

Kondisi :

Temperatur = 30 °C

Tekanan = 1 atm

Tipe : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Bahan konstruksi : *Stainless Steel* ASTM 316

- Menentukan tipe reaktor

Dalam perancangan dipilih tipe reaktor CSTR dengan pertimbangan:

- Reaksi berlangsung pada fase padat-cair
- Reaksi eksotermis
- Proses kontinyu
- Kondisi operasi :  $P = 1 \text{ atm}$   
 $T = 30^{\circ}\text{C}$

Reaktor dilengkapi dengan pengaduk dan merupakan reaktor adiabatik jadi tidak menggunakan pemanas ataupun pendingin.

Perancangan digunakan bahan konstruksi *Stainless Steel* ASTM 316 dengan pertimbangan :

- Tahan terhadap korosi
- Cocok untuk senyawa garam
- Tahan terhadap perubahan suhu
- Cocok digunakan untuk suhu rendah

(Brownell and Young, 1959)

- Volume reaktor

Reaksi pada reaktor :



(Ullman, 1914)

Table L.C 6 Alir masuk bahan baku ke reaktor

Komponen	massa (kg/jam)	$\rho$ (kg/liter)	V (liter/jam)
NaCl	240,994	2,162	111,494
H <sub>2</sub> O	706,285	0,997	708,410
CaCl <sub>2</sub>	6,552	2,240	2,925
MgCl <sub>2</sub>	6,630	2,320	2,858
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	6,020	2,540	2,370
NaOH	4,255	2,130	1,998

Umpan Masuk = 830,055 L/jam

Menentukan Volume Reaktor

Waktu tinggal ( $\tau$ ) = 1 jam

(US Patent 4,336,232)

$$V = \tau \times Q$$

$$V = 1 \text{ jam} \times 830,055 \frac{\text{L}}{\text{jam}} = 830,055 \text{ Liter}$$

Diambil faktor keamanan 20% sehingga : (figure.7.20. perry. 1997)

$$\begin{aligned} V \text{ desain} &= 1,2 \times 830,055 \text{ L} \\ &= 996,066 \text{ L} \\ &= 0,996 \text{ m}^3 = 35,176 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Waktu reaksi = 1 jam

Waktu pengisian = 1 jam

(Waktu pengisian = waktu pengeluaran)

- Menghitung dimensi reaktor

Bentuk reaktor dirancang berupa silinder tegak dalam head dan bagian bawah berbentuk torispherical

$V \text{ reaktor} = V \text{ tutup atas} + V \text{ tutup bawah} + V \text{ shell}$

$V \text{ tutup atas} = V \text{ tutup bawah} = 0,00049D^3$

$H=D$  (Brownell and Young, hal 88)

$$V \text{ shell} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4}$$

$$\begin{aligned} V \text{ reaktor} &= V_{\text{shell}} + 2 \cdot V_{\text{tutup}} \\ &= \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4} + 2 \cdot 0,00049D^3 \\ &= \frac{\pi \cdot D^3}{4} + 2 \times 0,00049D^3 \\ &= 0,785 D^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D^3 &= \frac{\text{Volume reaktor}}{0,785} \\ &= \frac{0,996 \text{ m}^3}{0,785} \end{aligned}$$

$D = 1,083 \text{ m} = 3,552 \text{ ft}$

$H = D = 3,552 \text{ ft} = 42,623 \text{ in}$

- Menghitung tebal dinding shell dan dished head

Dipilih untuk reaktor yang tahan korosi yaitu *Stainless Steel ASTM 316*. Menurut Brownell and Young (1959), tebal dinding shell dapat dihitung dengan rumus :

$$t_{\text{shell}} = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6 \cdot P} + C$$

Dengan :

- tshell : tebal shell, in
- P : tekanan sistem, psia
- ri : jari-jari dalam reaktor, in
- f : maximum allowable stress, psia
- E : efisiensi sambungan
- C : corrosion allowance, in

Dipilih bahan *Stainless Steel ASTM 316*. Berdasarkan tabel 13.1 *Brownell and Young*, didapat data :

$$f = 18.750 \text{ psi}$$

$$E = 0,8$$

$$C = 0,125 \text{ in}$$

$$r_i = ID/2 = 42,623 / 2 = 21,311 \text{ in}$$

- Tekanan operasi reaktor

$$\rho_{\text{cairan}} = \frac{\text{Massa cairan}}{\text{Volume cairan}} = \frac{970,730 \text{ kg/jam}}{830,055 \text{ L/jam}} = 1,169 \text{ kg/L} = 1.169,484 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume cairan dalam tangki} = 830,055 \text{ Liter} = 0,830 \text{ m}^3$$

$$Z_{\text{cairan}} = \frac{4 \times V_{\text{cairan}}}{\pi D^2} = \frac{4 \times 0,830}{\pi 1,083^2} = 0,902 \text{ m}$$

$$\text{Tekanan hidrostatik cairan} = \rho \cdot g \cdot h$$

$$= 1.169,484 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,902 \text{ m}$$

$$= 10.339,80 \text{ Pa}$$

$$= 1,50 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{sistem}} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psia}$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{sistem}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$= 14,7 \text{ psia} + 1,50 \text{ psia}$$

$$= 16,20 \text{ psia}$$

Faktor keamanan tekanan 10% dari tekanan operasi

$$\begin{aligned}\text{Tekanan design (Pd)} &= (1 + 0,1) \times P \text{ operasi} \\ &= 1,1 \times 16,20 \text{ psia} \\ &= 17,82 \text{ psia}\end{aligned}$$

- Tebal dinding tangki bagian silinder

$$\begin{aligned}t_{\text{shell}} &= \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6 \cdot P} + C \\ t_{\text{shell}} &= \frac{17,82 \cdot 21,871}{18750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 17,82} + 0,125 \\ &= 0,150 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih tebal dinding shell standar = 3/16 in

- Tebal head dan dasar tangki

$$\begin{aligned}\text{OD} &= \text{ID} + 2 \times \text{tebal dinding} \\ \text{OD} &= 42,623 \text{ in} + 2 (3/16) \text{ in} \\ &= 42,998 \text{ in}\end{aligned}$$

Menurut tabel 5.7, Brownell and Young (1977) hal 91, OD standar yang digunakan ialah 60 in. Untuk OD = 60 in dan tebal shell = 3/16 in, Dipilih :

$$r = 60$$

$$i_{cr} = 3$$

Pers. 7.76 dan 7.77 *Brownell and Young* :

$$W = \frac{1}{4} \left[ 3 + \sqrt{\frac{r}{i_{cr}}} \right] = \frac{1}{4} \left[ 3 + \sqrt{\frac{42}{3}} \right] = 1,767$$

$$t_h = \frac{P \times r \times W}{2 \cdot f \cdot E - 0,2 \cdot P} + C$$

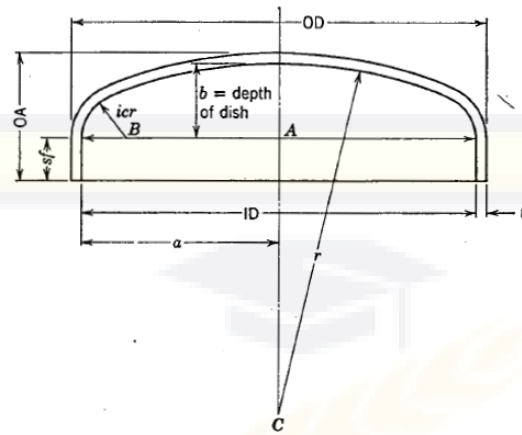
$$t_h = \frac{17,82 \times 60 \times 1,767}{2 \cdot 18750 \cdot 0,8 - 0,2 \cdot 17,82} + 0,125$$

$$t_h = 0,1880 \text{ in}$$

Dari Brownell and Young (1977), Tabel 5.6 halaman 88 digunakan tebal head standar yaitu 3/16 in = 0,25 in



- Menghitung Tinggi Tutup Reaktor



Gambar L.C.2 Dimensi tutup reaktor

Dari fig 5.8, Brownell and Young (1977) diperoleh rumus-rumus sebagai berikut :

$$a = ID/2$$

$$b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$AB = ID/2 - icr$$

$$BC = r - icr$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$OA = t + b + sf$$

Dari Brownell and Young (1977), Tabel 5.7 halaman 90 dengan OD = 48 in dan tebal head = 3/16 in diperoleh nilai

$$icr = 3 \text{ in}$$

$$r = 60$$

Dari Brownell and Young (1977), Tabel 5.6 halaman 88 dengan tebal head = 3/16 in diperoleh nilai :

Sf = 1,5 – 2 in, dipilih 2 in.

Sehingga,

$$\begin{aligned} AB &= ID/2 - icr \\ &= (42,998 \text{ in} / 2) - 3 \text{ in} \\ &= 18,871 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= r - icr \\ &= 60 \text{ in} - 3 \text{ in} \\ &= 57 \text{ in} \end{aligned}$$

$$b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$= 60 \text{ in} - \sqrt{57^2 - 18,871^2}$$

$$= 6,471 \text{ in}$$

$$\text{OA} = \text{tinggi tutup atas} = \text{tinggi tutup bawah} = 3/16 \text{ in} + 6,471 \text{ in} + 2 \text{ in}$$

$$= 8,721 \text{ in}$$

- Menghitung Tinggi Reaktor

$$\begin{aligned} \text{Tinggi total reaktor} &= \text{tinggi vessel} + (2 \times \text{tinggi tutup reaktor}) \\ &= 42,998 \text{ in} + (2 \times 8,721 \text{ in}) \\ &= 62,538 \text{ in} \\ &= 1,588 \text{ m} \\ &= 5,2114 \text{ ft} \end{aligned}$$

- Menentukan Jenis Pengaduk

Pengaduk yang dipilih adalah jenis Marine Propeller 3 Blades. Untuk spesifikasi pengaduk yang digunakan, dapat diperoleh data-data dari Brown (1978), sebagai berikut :

$$D_t/D_i = 3$$

$$Z_l/D_i = 2,7-3,9 \text{ dipilih } 3,5$$

$$Z_i/D_i = 0,75-1,3 \text{ dipilih } 1$$

$$W/D_i = 0,1$$

Dimana,  $D_t$  = diameter tangki

$D_i$  = Diameter impeller

$W$  = lebar baffle

$Z_i$  = elevasi impeller dari dasar tangki

$Z_l$  = tinggi turbin dari dasar tangki

Dari hasil perhitungan dimensi reaktor diperoleh,  $D_t = 3,645 \text{ ft}$

Sehingga :

$$D_i = D_t/3 = \frac{3,645}{3} = 1,215 \text{ ft}$$

$$\text{Lebar baffle} = D_i \times 0,1$$

$$= 1,215 \text{ ft} \times 0,1 = 0,122 \text{ ft}$$

$$\text{Elevasi impeller dari dasar tangki } (Z_i) = (Z_i/D_i) \times D_i$$

$$= 1 \times 1,215 = 1,215 \text{ ft}$$

$Z_l/D_i$  yang diijinkan antara 2,7-3,9, dipilih 3,5 maka

Tinggi turbin (Zl) = 3,5 x Di = 3,5 x 1,215 = 4,253 ft

- Menentukan Kecepatan Putaran Pengaduk

$$\frac{WELH}{2 \times Di} = \left( \frac{\pi \times Di \times N}{600} \right)^2$$

Dimana,

WELH = tinggi cairan x specific gravity cairan

Di = diameter impeller, ft

N = kecepatan putaran pengaduk, rpm

$$WELH = \frac{Zl \times \rho \text{ campuran}}{\rho \text{ air}} = \frac{0,926 \text{ m} \times 1164,417 \text{ kg/m}^3}{995,860}$$
$$= 1,083 \text{ m} = 3,552 \text{ ft}$$

$$\text{Jumlah pengaduk} = \frac{WELH}{Zl} = \frac{3,552 \text{ ft}}{4,253 \text{ ft}} = 0,8351 \sim 1 \text{ pengaduk}$$

$$\text{Maka: } \frac{WELH}{2 \times Di} = \left( \frac{\pi \times Di \times N}{600} \right)^2$$

$$\frac{3,552}{2 \times 1,215} = \left( \frac{\pi \times 1,215 \times N}{600} \right)^2$$

$$N = 190,142 \text{ rpm} = 3,169 \text{ rps}$$

- Menghitung tenaga pengaduk

Dibutuhkan rumus-rumus sebagai berikut :

$$Nre = \frac{Di^2 \times N \times \rho}{\mu}$$

$$P = \frac{Np \times Di^5 \times N^3 \times \rho}{gc} \times \text{jumlah pengaduk}$$

Dimana :

Nre = Bilangan Reynold

Di = diameter impeller, ft

N = kecepatan putaran pengaduk, rps

$\rho$  = densitas cairan, lb/ft<sup>3</sup>

$\mu$  = viskositas cairan, lb/ ft.s

Np = Power number (diperoleh dari gambar 3.4-4 ; Geankoplis, 1993)

P = konsumsi tenaga (ft.lbf/s)

Gc = factor konversi, 32,174 lb. ft/lbf. s<sup>2</sup>

Maka, perhitungannya ialah sebagai berikut :

$$\mu = 0,085 \text{ lb/ft.s}$$

$$N_{re} = \frac{D_i^2 \times N \times \rho}{\mu} = \frac{1,215^2 \times 4,4 \times 72,49}{0,085} = 5154,27$$

Dari pembacaan gambar 3.4-4 diperoleh :

$$N_p = 1$$

$$P = \frac{N_p \times D_i^5 \times N^3 \times \rho}{g_c} \times \text{jumlah pengaduk} = \frac{1 \times 1,172^5 \times 3,619^3 \times 72,692}{32,174} \times 2$$

$$P = 190,429 \text{ ft.lbf/s} = 0,346 \text{ hp}$$

P yang dikoreksi

$$P_{\text{corr}} = P \times \sqrt{\frac{\left(\frac{Dt}{Di}\right)\left(\frac{Zl}{Di}\right) \text{ diinginkan}}{\left(\frac{Dt}{Di}\right)\left(\frac{Zl}{Di}\right) \text{ grafik}}}$$

$$= 0,346 \text{ HP} \times \sqrt{\frac{\left(\frac{3,645}{1,215}\right)\left(\frac{4,253}{1,215}\right)}{(3,8)(3,5)}}$$

$$= 0,308$$

Tenaga pengaduk standar yang digunakan adalah 1 HP, sedangkan tenaga motor penggerak pengaduk dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= 1,1P + 0,5 \\ &= (1,1 \times 1) + 0,5 = 1,6 \text{ hp} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi motor penggerak} = 75 \%$$

$$P_{\text{aktual}} = 1,6 / 0,75 = 2,13 \text{ hp} \approx 3 \text{ hp}$$

#### L.C.8 Thickener (TC-01)

Fungsi : Memisahkan padatan  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{Mg(OH)}_2$  dari larutan garam

Bahan Konstruksi : *Carbon Steel* SA-283, Grade C

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

Temperatur = 110°C

Tekanan = 1 atm

Dari montgomery (1985) diperoleh untuk *Thickener* :

Kedalaman air = 3-5 m

Setting time = 1-3 jam

Dipilih: kedalaman air (H) = 3 m ;

Waktu pengendapan = 1 jam

Dimensi Thickener :

Volume cairan (V) = 2,761 m<sup>3</sup>

Maka :

$$V = \frac{1}{3} \pi D^2 H \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$V = \frac{3}{4} \pi D^3$$

$$D = \left(\frac{4V}{3\pi}\right)^{\frac{1}{3}}$$

Diameter (D) = 0,39 m

Tinggi (H) = 1.5 x D = 0,586 m

Tebal Dinding Tangki:

Tekanan hidrostatik = 13.375,472 pa = 13,375 kPa

Tekanan udara luar = 1 atm = 101,325 kPa

Poperasi = 114,7 kPa

Faktor kelonggaran = 20% (figure.7.20.perry.1997)

Maka, P design = (1,2 x 114,7) = 120,435 kPa

Joint Efficiency = 0,8 (Brownell, 1959)

Allowable stress = 12650 psia = 87221,75 kPa (Brownell, 1959)

Tebal shell tangki :

$$\text{Tebal shell tangki (t)} = \frac{PD}{2SE - 1,2P}$$

$$t = \frac{120,435 \times 0,390}{((2 \times 12650 \times 0,8) - (1,2 \times 120,435))} = 0,00079\text{m} = 0,0023 \text{ in}$$

Faktor korosi = 0,125 in

Tebal shell yg dibutuhkan = 0,0023 + 0,125 = 0,127 in

Tebal shell standard yang digunakan 3/16 in (Brownell,1959)

Daya Thickener

$$P = 0,006 D^2 \quad (\text{Ulrich,1984})$$

P = daya yg dibutuhkan = 0,091 hp = 0,5 hp

### L.C.9 Evaporator (EV-01)

Fungsi : Memurnikan NaCl dengan menguapkan air.

Jenis : *Long Tube Vertical Evaporator*

Bahan konstruksi : *Plate High-alloy Steels SA-301 Grade A*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

Temperatur umpan = 110°C

Laju alir massa (F) = 959,6971 kg/jam

Laju alir steam = 79,072 kg/jam

Viskositas umpan = 0,975 cP = 0,000464 kg/L

Densitas umpan = 0,00216 kg/L

Luas perpindahan panas (A) = 63,464 ft<sup>2</sup> = 6,440 m<sup>2</sup>

Dimensi tube dengan spesifikasi sebagai berikut menurut Tabel 10. Kern, 1950 :843) :

OD = 0,75 in

BWG = 16

ID = 0,62

in = 0,052 ft

Surface per lin ft, (a") = 0,196 ft

Flow area per tube (a') = 0,302 in

Panjang tube (L) = 50 ft = 600 in

- Menghitung jumlah tube (Nt)

$$Nt = \frac{A}{La'} = 1.991,058 \text{ buah}$$

Berdasarkan tabel 9 hal. 842, Kern 1950 dipilih jumlah tube:

Nt = 1.377 buah

Pitch = 0,9375 in, triangular

pitch 0,9375ID shell = 39 in

OD tube = 0,75 in =  $\frac{3}{4}$

- Koreksi Ud

Luas permukaan perpindahan panas sebenarnya :

$$A = Nt \cdot L \cdot a'' = 13.515,255 \text{ ft}^2$$

$$ud = \frac{0}{A \cdot \Delta T} 86,756 \text{ Btu/jam. ft}^2\text{F}$$

- Pemilihan pitch

Clearance,  $C' = Pt - OD$

tube = 0,1875 in  $A' = Nt$

$\times 2 \times$  Luas pitch (ABC)

Dimana:

$$\begin{aligned} \text{Luas ABC} &= 1/2 \times \text{alas} \times \text{tinggi} \quad \text{dengan } t = Pt \sin 60 \\ &= 0,381 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka diperoleh  $A' = 1048,111 \text{ in}$

- Menghitung volume tube

$$\begin{aligned} \text{Volume tube} &= 1/4 \times \pi \times (\text{IDtube})^2 \times L \\ &= 181,144 \text{ in} \\ &= 0,003\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total tube} &= \text{Volume tube} \times Nt \\ &= 249435,608 \text{ in} \\ &= 4,088 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Dimensi Shell and tube

Tabel L.C 7 Dimensi shell and tube Evaporator

Shell		Tube	
ID	: 39 in = 1 m	Jumlah, Nt	: 1377 buah
Baffle space	: 39 in = 0,9906 m	OD	: 0,75 in = 0,0625 ft
Jumlah baffle	: 15 buah	ID	: 0,62 in = 0,0516 ft
		BWG	: 16
			: 0,9375 in
		Pitch	(triangular pitch) 0,078125 ft
		Pass	: 4
		at'	: 0,302 in <sup>2</sup>

(Sumber: tabel 9 dan 10, Kern 1950)

- Menghitung flow area

$$as = \frac{ID \times C'' \times B}{144 \times PT} = 21/9 ft^2$$

$$at = \frac{Nt \times a't}{144 \times n} = 0,721 ft^2$$

- Laju alir massa

shell :

$$Gs = W/as = 20.632,101 \text{ lb/hr.ft}^2$$

Tube :

$$Gs = W/at = 26.912,953 \text{ lb/hr.ft}^2$$

- Bilangan reynold

Shell :

$$De = 0,55 \text{ in} \quad (\text{fig 28 Kern, 1985})$$

$$Re = De. Gs/\mu = 4.811,130 \text{ in}$$

Tube :

$$D = 0,62 \text{ in} \quad (\text{tabel 10 Kern, 1985})$$

$$Re = De. Gt/\mu = 44.199,065 \text{ in}$$

- Menentukan JH

Shell :

$$L/De = 1.090,91$$

$$JH = 40 \quad (\text{fig. 24 Kern, 1985})$$

Tube :

$$L/ID = 2220,967 \quad (\text{fig.24 Kern, 1985})$$

- Menghitung ho

Shell :

$$ho = JH \times \left(\frac{K}{De}\right) \times \left(\frac{Cp \cdot \mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}}$$

dengan :

$$\mu = 2,358 \text{ lbm/ft jam}$$

$$Cp = 37,080 \text{ Btu/lb}$$

$$k = 0,334 \text{ Btu/h.ft.F}$$

$$ho = 6.122,746 \text{ in}$$



Tube :

$$hi = jH \left( \frac{k}{ID} \right) \left( \frac{\mu \cdot Cp}{k} \right)^{1/3} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

$$\text{dengan : } \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} = 1$$

dengan :

$$\mu = 0,552 \text{ lbm/ft jam}$$

$$Cp = 0,460 \text{ Btu/lb}$$

$$k = 0,019 \text{ W/m.k} = 0,0108 \text{ Btu/h.ft.F}$$

$$hi = 221,211 \text{ in}$$

- Menghitung hio

$$hio = hi \times \frac{ID}{OD}$$

$$hio = 182,868 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

- Menghitung clean overall heatt coeffisien (Uc)

$$- Uc = \frac{hio \times ho}{hio + ho} = 177,56$$

- Menghitung Rd

$$Rd = \frac{Uc - Ud}{Uc \times Ud} = 0,005$$

$$Rd \text{ yang diperlukan} = 0,001 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \quad (\text{Tabel 12 Kern, 1985})$$

$$Rd_{\text{perhitungan}} > Rd_{\text{diperlukan}} \text{ (memenuhi)}$$

■ Pressure drop

$$\Delta P_s = \frac{f \times G_s^2 \times D_2 \times (N + 1)}{5,22 \times 10^{10} \times D_e \times s \times \phi_s}$$

Shell

Dimana:

$$G_s = 20.632,10 \text{ lb/hr.ft}^2$$

$$s = 141,67$$

$$\text{Untuk Re} = 4.811,13$$

(Fig. 29 Kern)

$$f = 0,003$$

$$D_s = 3,25 \text{ ft}$$

$$D_e = 0,045 \text{ ft}$$

$$\text{No. Of crosses, } N + 1 = 184,62 \text{ Ps} = 0,0009 \text{ Psi}$$

P untuk steam < 1 Psi (memenuhi)

Tube

$$\Delta P_t = \frac{f(G_t^2 L)}{5.22 \times 10^{10} D_s^5}$$

Dimana

$$G_t = 26.912,953 \text{ lb/hr.ft}^2$$

$$L = 50 \text{ ft}$$

$$\text{Untuk Re} = 44.199,065$$

$$f = 0,003 \quad (\text{Fig. 26 Kern})$$

$$D_s = 0,0516 \text{ ft}$$

$$s = 0,0076$$

$$P_t = 0,530 \text{ psi}$$

P untuk liquid < 10 Psi (memenuhi)

- Menentukan tebal shell

Bahan yang digunakan : Carbon steel SA 283 grade C Kondisi Operasi :

$$T = 110^\circ\text{C} = 383 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ Psi}$$

Tekanan desain 5 - 10% di atas tekanan operasi (Coulson, vol. 6, 1983:673). Tekanan desain dibuat 10% di atasnya tekanan operasi = 1,1 atm = 16,17 psi.

$$ts = \frac{p \times rc}{(f \times E) - (0,6 \times p)} + C \quad (\text{Brownell, 1958})$$

$$\text{Tekanan design (P)} = 16,17 \text{ psi}$$

$$\text{Jari-jari shell (ri)} = 19 \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$\text{Efisiensi sambungan las (E)} = 0,85$$

$$\text{Tekanan maksimal yang diinginkan (f)} = 12650 \text{ psi}$$

$$\text{Korosi yang diizinkan (C)} = 0,125 \text{ in/10 tahun}$$

Maka:

$$ts = 1/6 \text{ in}$$

dipilih ts standar yaitu 3/16 in = 0,1875 in

- Menentukan dimensi tutup

Dasar pemilihan :

Digunakan untuk tangki dengan tekanan dalam rentang 15psig (1,020689

atm) -200 psig (13,60919 atm).

$$th = \frac{Pr_c W}{2.f.E - 0.2.P} + C$$

(Brownell,1959)

Keterangan :

Faktor intensifikasi stress (W)	= 1 5/7 in
Allowable stress untuk Carbon Steel SA 283 grade C (f)	= 12650 psi
Joint efisiensi tipe double-butt weld (E)	= 0,85
Corrosian allowance (C)	= 0,125 in/10 tahun
Tekanan desain (P)	= 16,170 psi
Untuk OD	= 22 in
Maka Inside corner radius (icr)	= 1 3/8
Corwn radius (rc)	= 21
Digunakan tebal standar	= 1/5 in
Tebal buttom = tebal head	= 1/5in
Diambil sf	= 2 in (Tabel 5.6.Brownell, 1959:88)
Jadi tinggi dished head, Hd	= 0,3969 m
H displacement	= 0,643 ft
H total EV-01 = tinggi displacement + panjang tube + 2x tinggi head	
	= 53,248 ft
	= 16,230 m

#### L.C.10 Kristalizer (CR-01)

Fungsi	: Tempat terbentuknya kristal NaCl.
Tipe	: <i>Continous Stired Tank Crystallizer</i> (CSTC)
Jumlah	: 1 unit
Kondisi operasi	:
Temperatur	= 40°C
Laju alir umpan	= 959,6970 kg/ja
$\mu$ campuran pada Pompa Evaporator	= 0,08994 <i>lbm/ft</i> <sup>3</sup>
$\rho$ campuran pada Pompa Evaporator	= 1295,8191 <i>kg/m</i> <sup>3</sup> = 80,898 <i>lbm/ft</i> <sup>3</sup>
Faktor keamanan	: 20% (figure.7.20perry.1997)

Volume tangki :

$$\text{Volume larutan, } V_1 = 0,7406 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki, } V_t = (1 + 0,2) \times 0,7406 \text{ m}^3 = 0,8887 \text{ m}^3$$

Direncanakan :

- Tinggi *shell* : diameter ( $H_s : D = 3 : 2$ )
- Tinggi *head* : diameter ( $H_h : D = 1 : 4$ )

Volume *shell* tangki ( $V_s$ )

$$V_s = \frac{1}{4} \pi D_i H$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{1}{4} \pi D^3 \\ &= 1,1775 D^3 \end{aligned}$$

Volume tutup tangki ( $V_h$ )

$$\begin{aligned} V_h &= \frac{1}{24} \pi D^3 \\ &= 0,1308 D^3 \end{aligned}$$

Volume tangki ( $V$ )

$$\begin{aligned} V &= V_s + 2V_h \\ &= 1,4392 D^3 \end{aligned}$$

$$D_i^3 = 1,6193 \text{ m}^3$$

$$D_i = 1,1743 \text{ m} = 38.527 \text{ ft}$$

$$H_s = 1,1743 \text{ m} = 38.527 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter tutup} = \text{diameter tangki} = H_h = \frac{D_i}{4} = 0,2936 \text{ m} = 0,9632 \text{ ft}$$

$$H_t = H_s + 2H_h = 1,7615 \text{ m} = 5,7790 \text{ ft}$$

Tebal shell tangki :

$$\text{Tinggi cairan dalam tangki} = \frac{V_{\text{cairan}}}{V_{\text{tangki}}} \times D_i = 1,4092 \text{ m}$$

Tekanan Hidrostatik :

$$\begin{aligned} P &= \rho \times \\ &= 17895 \text{ pa} = 2,595 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\text{Maka } P_{\text{design}} = 17.2855 \text{ psi}$$

$$\text{Joint efficiency } (E) = 0,8 \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$\text{Allowable stress } (S) = 13,750 \text{ psia} \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$\text{Umur Alat } (n) = 10 \text{ tahun}$$

Faktor korosi (CA) = 0,02 in/tahun

Jadi tebal shell tangki

$$t = \frac{PD}{2SE-1,2P} + nCA \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$= 0,2364 \text{ in}$$

maka tebal *shell* standar yang digunakan 3/8 in (Brownell, 1959)

tebal tutup tangki = tebal shell

Pengaduk (Impeller) :

Jenis : *Six Blade Open Turbin* (turbin datar enam daun)

Kecepatan putaran (N) : 117,6 rpm = 1,96 rps

Pengaduk didesain dengan standar sebagai berikut :

$$Da : Di = 0,3$$

$$W : Di = 0,1$$

$$C : Di = 0,3$$

$$L : Di = 1 : 16 \quad (\text{Holland, 1989})$$

$$4 \text{ Baffle} : J : Di = 0,06$$

Dimana : Da = Diameter pengaduk

W = Lebar daun pengaduk (*blade*)

Di = Diameter tangki

J = Lebar *baffle*

C = Jarak pengaduk dari dasar tangki

Jadi :

- Diameter pengaduk (Da) =  $0,3 \times Di$   
=  $0,3 \times 1,1743 \text{ m} = 0,3523 \text{ m}$
- Lebar daun pengaduk (W) =  $0,1 \times Di$   
=  $0,1 \times 1,1743 \text{ m} = 0,1174 \text{ m}$
- Tinggi pengaduk dari dasar (C) =  $0,3 \times Di$   
=  $0,3 \times 1,1743 \text{ m} = 0,3523 \text{ m}$
- Panjang daun pengaduk (L) =  $1/16 \times Di$   
=  $1/16 \times 1,1743 \text{ m} = 0,0734 \text{ m}$
- Lebar *baffle* (J) =  $0,06 Di$   
=  $0,06 \times 1,1743 \text{ m} = 0,0705 \text{ m}$

Daya untuk pengaduk :

$$N_{Re} = \frac{D_a^2 N_p}{\mu} = 3036,86$$

Dari figure 3.4-4 (Geankoplis, 1993), untuk pengaduk jenis *flat six blade open turbine* dengan 4 *baffle*, diperoleh  $N_p = 2$

$$P = N_p \times \rho \times N^3 \times Da^5$$

$$= 0,1420 \text{ hp}$$

Efisiensi motor 80%

$$\text{Daya motor} = P/0,8$$

$$= 0,1775 \text{ hp}$$

Dipilih motor pengaduk dengan daya hp = 1 hp

Analisa perpindahan panas :

Panas yang dipertukarkan di kristalizer :

$$Q = 384576,3337 \text{ kJ/jam}$$

$$= 364512,9864 \text{ Btu/jam}$$

Pendingin yang digunakan : air

Fluida panas

$$\text{Temperatur awal (T1)} = 116^\circ\text{C} = 240,8 \text{ F}$$

$$\text{Temperatur akhir (T2)} = 40^\circ\text{C} = 104 \text{ F}$$

Fluida dingin

$$\text{Temperatur awal (t1)} = 30^\circ\text{C} = 86 \text{ F}$$

$$\text{Temperatur akhir (t2)} = 45^\circ\text{C} = 113 \text{ F}$$

Tabel L.C 8 Temperatus Kristalizer

Fluida Panas		Fluida dingin	Selisih
T1 = 240,8°F	Temperatur yang lebih tinggi	t2 = 113°F	$\Delta t_1 = 136,8^\circ\text{F}$
T2 = 104°F	Temperatur yang lebih rendah	t1 = 86°F	$\Delta t_2 = 27^\circ\text{F}$
	Selisih		$\Delta t_2 - \Delta t_1 = -109,8^\circ\text{F}$

$$\Delta t = LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln\left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}\right)} = \frac{-109,8}{\ln\left(\frac{136,8}{27}\right)} = 67,665^\circ F$$

Asumsi  $U_d = 94 \text{ Btu/hr ft}^2 \text{ }^\circ F$

Luas permukaan perpindahan panas (A):

$$A = \frac{Q_s}{U_d \times \Delta t}$$

$$= 57,308 \text{ ft}^2$$

### L.C.11 Centrifuge (CR-01)

Fungsi : Memisahkan Kristal NaCl dari *mother liquor*.

Tipe : *Solid Bowl Centrifuge*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

Tekanan = 1 atm

Temperatur = 40°C

Tabel L.C.9 Aliran Umpan Centrifuge

Komponen	F (kg/jam)	Wi	$\rho_i$ (kg/m <sup>3</sup> )	wi. $\rho_i$	visc (cp)	wi.visc
NaCl	248,660	0,2784	2163	602,171	0,465	0,1295
H <sub>2</sub> O	639,452	0,7159	996	713,0584	0,798	0,5713
NaCl (l)	5,0747	0,0057	2163	12,2892	0,465	0,0026
Total	893,186	1		1327,518		0,7034

Table L.C.10 Aliran Keluar Centrifuge

Komponen	F (kg/jam)	Wi	$\rho_i$ (kg/m <sup>3</sup> )	wi/ $\rho_i$	visc (cp)	wi/visc
NaCl	248,660	0,3699	2.163	800,1886	0,465	0,1721
H <sub>2</sub> O	423,495	0,6301	996	627,5358	0,798	0,5028
Total	672,155	1		1427,724		0,6748
NaCl (l)	221,031	1	2163	0,000462	0,465	0,4651

$$\rho = \frac{1}{\sum \frac{w_i}{\rho_i}} \quad (\text{Coulson, 1983})$$

$$\rho_f = 1.327,51 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_l = 2.163 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_p = 1.427,72 \text{ kg/m}^3$$

$$\frac{1}{\mu_{mix}} = \sum \frac{x_i}{\mu_i} \quad (\text{Coulson, 1983})$$

$$\mu_L = 0,4651 \text{ cp}$$

$$\mu_P = 0,6748 \text{ cp}$$

Laju alir umpan :

$$Q_{\text{umpan}} = \frac{M_{\text{umpan}}}{\rho_{\text{umpan}}} = \frac{\frac{6.893,1869 \text{ kg}}{\text{jam}}}{1.327,5189 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = \frac{0,6728 \text{ m}^3}{\text{ja}} = 0,0002 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$Q = 2U_g \Sigma \quad (\text{pers.10.1 Coulson, 1983})$$

Dimana :

$U_g$  = kecepatan terminal partikel padatan, m/s

$\Sigma$  = luas *centrifuge*, m<sup>2</sup>

$$U_g = \frac{\Delta\rho \times ds \times g}{18 \mu} \quad (\text{Pers 10.2 Coulson 1983})$$

$ds$  = diameter partikel padatan = 0,00005 m

$g$  = percepatan gravitasi = 9,81 m/s<sup>2</sup>

$\mu$  = viskositas cairan = 0,46

$cp = 0,00046 \text{ N.s/m}^2$

maka  $U_g = 43,0813 \text{ cm/s}$

$Q = 2 \times 43,0813 \text{ cm/s} \times \Sigma$

$\Sigma = 2,1691 \text{ cm}^2/\text{s}$

Dari tabel 19-29, perry's 1999 diperoleh spesifikasi alat :

Kecepatan sudut = 1200 rpm

Diameter bowl (d) = 36 in = 0,9144 m

Daya motor = 30 hp = 22,37103 kW

Menentukan gaya sentrifugal

Direncanakan dalam proses cukup ditempuh 1 jam (3600 s)



$$t_t = \frac{M}{m_t}$$

Massa umpan (M) = 893,1869 kg/jam = kg/s

$$\text{Massa umpan pe waktu tinggal } (m_t) = \frac{0,2481 \text{ kg/s}}{3600 \text{ s}} = 893,1869 \text{ kg}$$

Dari persamaan :

$$m_t = \frac{F_c}{0,0109 \times r \times N} \quad (\text{Pers. 14-4-6, Geankoplis, 1993})$$

Dimana :

$F_c$  = Gaya sentrifugal (N)

N = kecepatan sudut = 20 rps

r = jari-jari bowl = 0,4572 m

$F_c = 448,073 \text{ N}$

### L.C.12 Screw conveyor Sentrifuge (SC-01)

Ada beberapa screw conveyor, yaitu :

- SC-01 : Mengangkut kristal NaCl basah menuju *rotary dryer*
- SC-02 : Mengangkut kristal NaCl ke VC-01
- SC-03 : Mengangkut bongkahan kristal NaCl dari VC-01 ke BM-01
- SC04 : Mengangkut kristal NaCl dari BM-1 kembali ke VC-01
- SC-05 : Mengangkut kristal halus NaCl ke BC-01

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Jumlah : 1 unit

Untuk SC-01 :

Kondisi operasi :

Temperatur = 40°C

Tekanan = 1 atm

Laju alir : 672,1558 kg/jam = 1.481,85 lb/jam

Densitas : 2,162 kg/m<sup>3</sup> = 1,35 lb/ft<sup>3</sup>

Faktor keamanan : 20%

Kapasitas conveyor = ( 1+0,2 ) ( 1481,85/1,35 )  
= 1.320,41 ft<sup>3</sup>/jam

Spesifikasi screw conveyor berdasarkan tabel 2-16 Perry ed 7 diperoleh :

Diameter flight = 16 in

Kecepatan putaran = 50 rpm

Diameter shaft = 3 in

Panjang screw = 60 ft

Power yang dibutuhkan :

$$P = \frac{K \times C \times L}{33000} \quad (\text{Brown, 1978})$$

Dimana :

K = Koefisien material = 1,3

C = Kapasitas = 1.320,41 ft<sup>3</sup>/jam

L = panjang screw = 60 ft

Maka :

$$P = \frac{1,3 \times 1.320,41 \times 60}{33000} = 3,121 \text{ hp}$$

Efisiensi motor = 75%

Daya = 3,121 / 0,75

$$= 4,1613 \text{ hp}$$

Maka dipilih motor dengan power 4,5 hp

Table L.C.11 Analog Perhitungan Belt Conveyor

Screw Conveyor	Daya standar (hp)	panjang (ft)	Kapasitas (ft <sup>3</sup> /jam)	Jumlah (unit)
SC-01	4,5	60	1.320,41	1
SC-02	2	60	496,768	1
SC-03	1	35	193,7	1
SC-04	1	35	193,7	1
SC-05	1	60	220,559	1

### L.C.13 Rotary Dryer (RD-01)

Fungsi : Mengeringkan kristal NaCl dari kandungan air

Jenis : *Steam Tube Dryer*

Jumlah : 1 unit

Dalam perancangan rotary dryer perlu dipertimbangkan beberapa hal, antara lain (Perry, 1999):

- Panjang dari silinder pada rotary dryer dapat bervariasi dari 4 – 10 kali diameternya ( $L/D = 10$ ).
- Diameter rotary dryer berkisar antara 0,3 – 3 meter.
- Secara komersial Rotary dryer biasanya bekerja pada kecepatan peripheral shell antara 60-75 ft/menit.

Kondisi operasi :

- Temperatur umpan masuk = 313,12 K = 103,946 °F
- Temperatur produk keluar = 344,425 K = 160,295 °F
- Temperatur udara masuk = 343,15 K = 158 °F
- Temperatur udara keluar = 318,15K = 113 °F

Umpan Natrium klorida masuk = 281,5384 kg/jam = 620,686 lb/jam

Laju udara masuk rotary dryer = 2633,44 kg/jam = 5805,741 lb/jam

Kapasitas panas udara = 0,345 Btu/lb.°F

Kecepatan massa udara diizinkan = 100-1000 lb/jam.ft<sup>2</sup> (Perry,R.H, 7ed, chap.12)

Menghitung diameter *dryer* :

Guna menghitung diameter dryer yang dibutuhkan, dipakai persamaan (Walas, 1989) :

$$D^2 = \frac{G_s}{\left(\frac{\rho \times G}{4}\right)}$$

Dimana :

$G_s$  = laju udara panas masuk dryer (lb/jam)

$G$  = kecepatan massa udara (lb/jam.ft<sup>2</sup>)

Kecepatan massa udara ( $G$ ) dibatasi sampai 1000 lb/jam.ft<sup>2</sup>

Sehingga,

$$D^2 = \frac{5805,741 \frac{\text{lb}}{\text{jam}}}{\left( \frac{3,14 \times 1000 \frac{\text{lb}}{\text{jam ft}^2}}{4} \right)}$$

$$D = 2,72 \text{ ft} = 32,63 \text{ in} = 0,83 \text{ m}$$

Menghitung tebal *shell rotary dryer* :

Ketebalan minimum *shell* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$t_s = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6 P} + c \quad (\text{Brownell and Young, 1959})$$

dimana :

$t_s$  = tebal *shell*

$P$  = tekanan desain

$r_i$  = jari-jari dalam

$f$  = *allowable stress*

$E$  = efisiensi pengelasan

$c$  = *corrosion allowance*

Bahan konstruksi yang dipilih adalah Stainless steel tipe 316 ASTM

$$f = 18750 \text{ psi}$$

$$E = 0,8$$

$$c = 0,125 \text{ in}$$

$$r_i = \frac{1}{2} D_i = \frac{1}{2} \times 32,63 \text{ in} = 16,32 \text{ in}$$

$$P \text{ operasi} = 14,7 \text{ psi} = 1 \text{ atm}$$

(Brownell and Young, 1959)

Untuk faktor keamanan dipilih 20%, (figure.7.20.perry.1997) maka :

$$P \text{ desain} = 1,2 \times 14,7 \text{ psi} = 16,17 \text{ psi}$$

Sehingga, tebal *shell* adalah :

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6 P} + c \\ &= \frac{16,7 \times 16,32}{(18750 \times 0,8) - (0,6 \times 16,17)} + 0,0625 \text{ in} \\ &= 0,143 \text{ in} = 0,011883 \text{ ft} \end{aligned}$$

Menentukan panjang *rotary dryer* :

Rasio panjang berbanding dengan diameter rotary dryer adalah 4 – 10 (Perry,R.H, 7ed, chap. 12). Dipilih rasio L/D adalah 10, sehingga,

$$\begin{aligned} L &= 10 D \\ &= 10 \times 2,719 \text{ ft} \\ &= 27,19 \text{ ft} = 8,29 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung putaran rotary dryer (N) :

Kecapatan putaran dryer adalah 30 – 150 ft/menit (Perry,R.H, 7ed, chap.12). Dipilih kecepatan putaran rata-rata (n)= 100 ft/menit

$$\begin{aligned} N &= \frac{100}{\pi D} = \frac{100}{3,14 \times 2,72} \text{ rpm} \\ &= 11,7 \text{ rpm (memenuhi syarat)} \end{aligned}$$

Standar kecepatan putar untuk rotary dryer adalah 5 – 35 rpm (Richardson dan Coulson, 2002).

Menghitung waktu tinggal didalam dryer :

*Hold-up* mempunyai range 10 – 15 % volume (Perry,R.H, 7ed, chap. 12). Dipilih 10% volume, sehingga:

$$\begin{aligned} V &= \pi \times r^2 \times L \\ &= 3,14 \times (0,83 \text{ m} / 2)^2 \times 8,29 \text{ m} \\ &= 4,47 \text{ m}^3 = 158,01 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Besarnya *hold up* adalah

$$\begin{aligned} \text{Hold up} &= 10\% \times V \\ &= 0,1 \times 4,47 \text{ m}^3 \\ &= 0,447 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Diketahui *bulk density* NaCl adalah = 71 lb/ft<sup>3</sup> = 1137,278 kg/m<sup>3</sup>

Maka waktu tinggal didalam rotary dryer adalah,

$$\begin{aligned} \text{Waktu tinggal} &= \frac{\text{hold-up} \times \rho}{\text{feed rate}} \\ &= \frac{0,447 \text{ m}^3 \times 1137,278 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{281,54 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}} \\ &= 1,807 \text{ jam} = 108,445 \text{ menit} \end{aligned}$$

Menghitung daya motor *rotary dryer* :

$$\text{BHP} = \frac{(N \times 4,75 \times D \times w) + (0,1925 D' \times w) + (0,33 \times W)}{100000}$$

Keterangan:

BHP = *Brake Horse Power* yang diperlukan untuk memutar dryer, HP

N = Kecepatan Putar, rpm

D = Diameter inside shell, ft

D' = Diameter rotary dryer, ft

W = Total berat bahan yang berputar (bahan dan alat), lb

w = Berat material yang dikeringkan, lb

Data – data:

N = 11,71 rpm

D = 2,72 ft

D' = D + 2.ts = 2,72 ft + (2 x 0,01188 ft) = 2,743 ft

w = 1155,77 lb/jam x 1,807 jam = 3485,92 lb

W = w + berat shell

$$\begin{aligned} \text{Volume shell} &= (\pi \cdot (D'^2 - D^2) \cdot L) / 4 \\ &= (3,14 \times ((3,66 \text{ ft})^2 - (3,64 \text{ ft})^2) \times 36,4 \text{ ft}) / 4 \\ &= 4,29 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat shell} &= \text{volume shell} \times \text{density material (baja)} \\ &= 2,77 \text{ ft}^3 \times 499,424 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 1384,277 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$W = 1121,839 \text{ lb} + 1384,277 \text{ lb} = 2506,116 \text{ lb}$$

Daya motor :

$$= \frac{(11,71 \times 4,75 \times 2,72 \times 1121,84) + (0,1925 \times 2,74 \times 1121,84) + (0,33 \times 2506,116)}{100000}$$

$$= 1,711 \text{ hp}$$

Asumsi efisiensi alat = 95%

$$\text{maka Daya motor} = 1,711 / 0,95$$

$$= 2,14 \text{ hp} = 2,2 \text{ hp}$$

Menghitung overall heat transfer area :

Persamaan yang digunakan yaitu (Perry 7<sup>th</sup> ed p. 8 – 32) :

$$U_d = \frac{10 \times G^{0,16}}{D}$$

$$= \frac{10 \times (1000 \frac{\text{lb}}{\text{jam.ft}^2})^{0,14}}{2,72 \text{ft}}$$

$$= 11,105 \text{ btu/ft jam.}^\circ\text{F}$$

Menentukan jumlah flight :

Jenis flight dipilih jenis 90° lip flight (Perry,R.H, 7ed, chap. 12)



Gambar C.4 Jenis Flight Rotary Dryer

$$\text{Tinggi flight (H)} = 1/10 \times D$$

$$= 1/10 \times 2,72 \text{ ft} = 0,272 \text{ ft}$$

range jumlah flight untuk Rotary Dryer = 2,4 – 3 D (Perry,R.H, 7ed, chap. 12)  
dipilih 2,4D untuk diameter > 2 ft sehingga jumlah flight adalah

$$\text{Jumlah flight (n)} = 3 \times 2,72$$

$$= 8,16 \approx 9 \text{ Buah}$$

Jarak antar flight ( $L_F$ )

$$L_F = \frac{\rho \times D}{n}$$

$$= \frac{3,14 \times 2,72 \text{ ft}}{9} = 0,948 \text{ ft}$$

Menentukan slope rotary dryer :

Kemiringan dari rotary dryer bervariasi mulai dari 0 – 8 cm/m atau 0 – 0,08 ft/ft (Perry,R.H, 7ed, chap. 12). Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung slope rotary dryer, yaitu:

$$S = \frac{0,19 L}{N \times D \times t}$$

Dimana :

- S = Slope (ft/ft)
- t = waktu tinggal dalam dryer (menit)
- L = Panjang dryer (ft)

N = Putaran dryer (rpm)

D = Diameter dryer (ft)

Sehingga,

$$S = \frac{0,19 \times 27,2 \text{ ft}}{11,71 \text{ rpm} \times 2,72 \text{ ft} \times 108,45} = 0,001496 \text{ ft/ft}$$

#### L.C. 14 Screening (VC-01)

Fungsi : Memilah Kristal NaCl sesuai ukuran

Jenis : Vibrating Screen

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Stainless Steel*

Kondisi operasi :

Temperatur = 30°C

Laju alir masuk = 248,95641 kg/jam = 548,854 lbm/jam

$\rho$  produk = 1427,7246 kg/jam = 89,1328 lbm/ft<sup>3</sup>

Laju volumetrik (Q) =  $\frac{F}{\rho} = 147,79 \text{ ft}^3/\text{jam} = 2,4631 \text{ ft}^3$

Berdasarkan fig. 19-14 (Perry, 7<sup>th</sup> ed.) Ukuran bar :

lebar bar = 5 mm ; tebal bar = 5 mm ; diameter = 0,035 mm ; slope = 20°

Direncanakan ukuran screening:

Panjang screen = 1200 mm

Lebar screen = 3700 mm

Lubang saringan = 3-50 mm

Ukuran feed = 200 mm

Ukuran partikel = 1- 0,0164 mm

Kapasitas Screen = 7,5 – 80 ton/jam

Daya Motor = 2,5 kW = 3,3 hp

#### L.C.15 Ball Mill (BM-01)

Fungsi : Menggerus Kristal NaCl

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Stainless Steel*

Kondisi operasi :

Temperatur = 30°C

Laju alir masuk = 248,95641 kg/jam = 548,854 lbm/jam



$$\rho \text{ produk} = 1427,7246 \text{ kg/jam} = 89,1328 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\text{Laju volumetrik (Q)} = \frac{F}{\rho} = 147,79 \text{ ft}^3/\text{jam} = 2,4631 \text{ ft}^3$$

$$\text{Diameter} = 1200 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang} = 3000 \text{ mm}$$

Menentukan ukuran media gerus

$$\text{Diameter} = 25,4 (F80/K)^{0,5} \times ((Wi Sg)/(3,28 \times Cs D^{0,5}))^{0,33}$$

Dimana :

$$F80 = \text{diameter umpan 80\% lolos}$$

$$K = \text{konstanta untuk Ball Mill 350}$$

$$Wi = \text{works index}$$

$$Wi \text{ granite} = 18 \text{ kWh/ton}$$

$$Sg = \text{Specific gravity}$$

$$Sg \text{ granite} = 2,80$$

$$Cs = \text{persen kecepatan putaran mill dari nilai kritisnya (N/Nc)}$$

(Perry,R.H, 7ed, chap. 52)

Maka :

$$\begin{aligned} D &= 25,4 (25.000/350)^{0,5} \times ((18 \times 2,8)/(3,28 \times 80 \times 1,2^{0,5}))^{0,33} \\ &= 120,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menentukan kecepatan putaran Ball Mill

$$Nc = 42,3 / (D)^{0,5}$$

$$\begin{aligned} Nc &= 42,3 / (1,2)^{0,5} \\ &= 38,6 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Menghitung Daya

$$P = 8,4 (D)^{2,5} \times L \times K_L \times K_{sp} \times K_{MT}$$

Dimana :

$$D : \text{diameter mill}$$

$$L : \text{panjang mill}$$

$$K_L : \text{loading factor} = 0,2$$

$$K_{sp} : \text{speed factor} = 0,18$$

$$K_{MT} : \text{mill type factor} = 1$$

(Perry,R.H, 7ed, chap. 64)

Maka :

$$\begin{aligned}
 P &= 8,4(1,2)^{2,5} \times 3 \times 0,2 \times 0,18 \times 1 \\
 &= 3,21 \text{ kW} \\
 &= 4 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

### L.C.16 Bucket Elevator

Fungsi : Mengangkut produk garam farmasi ke silo

Jenis : *Centrifugal-discharge spaced buckets*

Jumlah : 1 unit

Laju alir masuk = 248,95641 kg/jam = 548,854 lbm/jam

$\rho$  produk = 1427,7246 kg/jam = 89,1328 lbm/ft<sup>3</sup>

Direncanakan dalam 1 proses cukup ditempuh 1/12 jam kerja (5 menit)

Laju volumetrik (Q) =  $\frac{F}{\rho} = 147,79 \text{ ft}^3/\text{jam} = 2,4631 \text{ ft}^3$

Gross turning = RT = ML+C

Dimana:

M = Berat material yang dibawa

L = Panjang *bucket elevator* = 5 m = 16,4042 ft

C = Faktor material = 2

$$\begin{aligned}
 RT &= (2,4631 \text{ ft/s} + 16,4042 \text{ ft}) + 2 \\
 &= 42,4049 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

P = 0,257 hp

Maka dipilih bucket elevator dengan daya motor 0,5 hp.

Dari *perry 7<sup>th</sup> ed* tebal 21-15, dipilih Bucket Elevator yang berukuran :

Kapasitas maksimum = 14 ton/jam

Tinggi elevasi = 25 ft

Kecepatan bucket = 225 ft/min

Bucket Spacing = 12 in

Ukuran bucket = 6 x 4 x 4,25 in

Lebar belt = 7 in

Putaran head shaft = 43 rpm

Diameter shaft = head = 1,9 in

= tail = 1,6 in

Diameter Pully = head = 20 in  
 = tail = 14 in  
 Jumlah = 1 unit

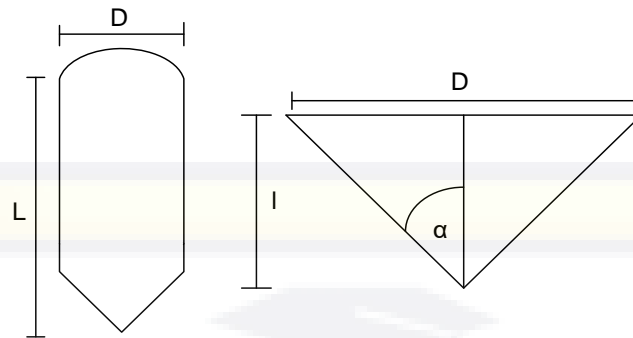
### L.C.17 Silo Garam Farmasi (SI-01)

Fungsi : Menyimpan kristal garam farmasi sebelum dipacking.  
 Bentuk : Silinder  
 Head dan Bottom : *Dished Head, Conical Bottom*  
 Bahan Konstruksi : *Stainless Steel ASTM 316*  
 Masa Penyimpanan : 7 hari  
 Kondisi Operasi  
 Temperature = 30 °C  
 Tekananan = 1 atm

Menentukan Volume Silo :

Laju padatan : 253,359 kg/jam  
 Bulk Density : 2,1615 kg/L  
 Over Design : 20%  
 Total massa = laju padatan x masa simpan  
 = 253,359 kg/jam x 24 jam/hari x 7 hari  
 = 41.774,87 kg  
 Volume padatan = total massa/ bulk density  
 = 41.774,87 kg/2,1615 kg/L  
 = 90.296,39 L  
 = 90,296 m<sup>3</sup>  
 Factor kelonggaran 20% (figure.7.20. perry. 1997)  
 Volume Design Silo = (1+20% )x Volume padatan  
 = (1+20%) x 90,296 m<sup>3</sup>  
 = 45,1482 m<sup>3</sup>

### Perhitungan Dimensi Tiap Silo



Gambar L.C.1 Dimensi Silo

L/D untuk silo	= 2-5 (Ulrich, 1984) dipilih L/D = 4
Sudut $\alpha$	= $30^\circ$ (Brownell dan Young, 1959)
Panjang conical (l)	= $\text{Cos } \alpha \times \frac{1}{2} D$
Volume silo	= volume silinder + volume cone
Volume silo	= $(\pi D^2/4 \times (L-l)) + (1/3 \pi D^2/4 \times l)$
110,4034 m <sup>3</sup>	= $(\pi D^2/4 \times (4D - \text{cos } \alpha \times 1/2D)) + (1/3 \pi D^2/4 \times \text{Cos } \alpha \times \frac{1}{2} D)$
	= 110,4034 m <sup>3</sup>
Diameter (D)	= 3,358 m
	= 11,017 in
Tinggi (L)	= 4 x 7,05 m
	= 13,432 m
Panjang conical (l)	= 1,454 m
Menghitung Tebal Dinding Silo :	
Bahan yang digunakan adalah <i>Stainless Steel ASTM 316</i> dengan karakteristik sebagai berikut:	
f = 18750 psi	
E = 80%	

(Tabel 13.2, Brownell and Young, hal. 254)

Untuk nilai E (efisiensi pengelasan) diambil jenis pengelasan Double-welded butt join, dikarenakan jenis pengelasan ini kuat dan tidak memiliki keterbatasan.

Tebal dinding silo dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$t = \frac{p \cdot d}{2 \cdot f \cdot E} + c$$

(Pers. 3.16, Brownell and Young, hal. 45)

Dengan :

- t = Tebal shell, in
- f = Tegangan kerja (working stress), psia
- E = Efisiensi pengelasan
- d = Diameter silo, in
- p = Tekanan operasi, lb/in<sup>2</sup>
- c = faktor korosi (Data ASME: stainless steel ASTM 316 : 0,125 in)

Tekanan operasi dalam hal ini adalah tekanan atmosferik yaitu 14,69 psig, dan mendapatkan gaya tekan ke bawah dari berat bahan.

$$\begin{aligned} \text{Berat bahan} &= m \times g \\ &= 42.564,36 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 417.130,7 \text{ Newton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas alas} &= \pi/4 \times D^2 \\ &= 8,852 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan} &= \text{berat bahan/luas alas} + P_{atm} \\ &= \frac{417130,7}{8,852} + 14,69 \text{ psia} \\ &= 100,397 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{P \cdot D}{2 \cdot f \cdot E} + c \\ &= \frac{100,397 \text{ psi} \times 11,017 \text{ in}}{2 \times 18750 \text{ psi} \times 0,8} + 0,125 \text{ in} \\ &= 0,162 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Dipilih tebal standar} = 3/16 \text{ in}$$

(Brownell Appendix E halaman 347)

Menghitung Tebal *Conical Bottom* :

Tebal plat *conical* dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$t = \frac{p \cdot d}{2 \cos \alpha (f \cdot E - 0,6p)} + c$$

(Pers. 6.154, Brownell and Young Hal. 118)

$$\text{Garis pelukis (s)} = \sqrt{0,5D^2 + l^2}$$

$$\text{Garis pelukis (s)} = 2,527 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas plat} &= 0,5 \times \pi \times D \times s \\ &= 0,5 \times \pi \times 3,358 \text{ m} \times 2,527 \text{ m} \\ &= 13,32 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan} &= 31304,49 \text{ Pa} \\ &= 4,54 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$t = \frac{4,54 \text{ psi} \times 11,017 \text{ in}}{2 \cos 30 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 4,54 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in}$$

$$t = 0,125 \text{ in}$$

Dipilih tebal standar = 3/16 in

UNIVERSITAS

BOSOWA



**LAMPIRAN D**  
**SPESIFIKASI PERALATAN UTILITAS**

**L.D.1 Screening (SC-01)**

Fungsi : Menyaring partikel-partikel padat yang besar.

Jenis : Bar screen

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Stainless Steel*

Kondisi operasi :

Temperatur = 30°C

Densitas air ( $\rho$ ) = 995,68 kg/m<sup>3</sup> (Perry, 1997)

Laju alir massa (F) = 884,195589 kg/jam = 0,24560 kg/s

Laju alir volumetrik (Q) = 0,0002467 m<sup>3</sup>/s

Dari Tabel 5.1 Physical Chemical Treatment of Water and Wastewater

Ukuran bar :

lebar bar = 5 mm ; tebal bar = 20 mm ; bar clear spacing = 20 mm ; slope = 30°

Direncanakan ukuran screening:

Panjang screen = 2 m

Lebar screen = 2 m

Misalkan, jumlah bar = x, maka :

$$20x + 20(x + 1) = 2.000$$

$$40x = 1.980$$

$$x = 49,5 \approx 50 \text{ buah}$$

Luas bukaan (A<sub>2</sub>) = 20(50 + 1) (2000) = 2.040.000 mm<sup>2</sup> = 2,04 m<sup>2</sup>

Asumsi Cd= 0,6 dan 30% screen tersumbat.

$$\text{Head loss } (\Delta h) = \frac{Q^2}{2gC_d^2 A_2^2} = 0,000002072 \text{ cm}$$

**L.D.2 Pompa Utilitas**

Ada beberapa pompa utilitas, yaitu :

1. PU-01 : Memompa air sungait ke bak sedimentasi
2. PU-02 : Memompa air dari bak sedimentasi ke *clarifier*
3. PU-03 : Memompa alum dari tangki pelarutan alum ke *clarifier*
4. PU-04 : Memompa air dari *clarifier* ke sand filter

5. PU-05 : Memompa air dari sand filter ke tangki utilitas 1
6. PU-06 : Memompa air dari tangki utilitas 1 ke cation exchanger
7. PU-07 : Memompa asam sulfat dari tangki asam sulfat ke kationexchanger
8. PU-08 : Memompa air dari kation exchanger ke anion exchanger
9. PU-09 :Memompa NaOH dari tangki pelarutan NaOH ke anion exchanger
10. PU-10 : Memompa air dari anion exchanger ke dearator
11. PU-11 : Memompa air dari tangki utilitas 1 ke water cooling tower
12. PU-12 : Memompa air dari menara pendingin untuk didistribusikan
13. PU-13 : Memompa larutan kaporit ke tangki utilitas 2
14. PU-14 : Memompa air dari tangki utilitas 1 ke tangki utilitas 2
15. PU-15 : Memompa air dari tangki utilitas 2 ke kebutuhan domestic
16. PU-16 : Memompa air dari daerator ke ketel uap

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1

Bahan konstruksi : *Commercial steell*

Perhitungan untuk PU-01

Kondisi operasi :

Temperatur = 30°C

Tekanan = 1 atm

Densitas air = 995,56 kg/m<sup>3</sup> = 62,152 lbm/ft<sup>3</sup>

Viskositas air = 0,8007 cP = 1,937 lbm/ft.jam

Laju alir massa (F) = 683,69374 kg/jam = 0,41869 lbm/s

Laju alir volumetrik (Q)= 0,00673 ft<sup>3</sup>/s

Diameter optimum

$$\begin{aligned} \text{Diopt} &= 3,9 (Q)^{0.45} \rho^{0.13} \\ &= 3,9 (0,214)^{0.45} (62,152)^{0.13} \\ &= 0,703 \text{ in} = 0,058 \text{ ft} \end{aligned}$$

Digunakan pipa dengan spesifikasi :

Ukuran nominal = 2 in (Foust, 1980)

Schedule number = 40

Diameter Dalam (ID) = 2,067 in = 0,172 ft

Diameter Luar (OD) = 2,375 in = 0,198 ft

Inside sectional area = 0,022 ft<sup>2</sup>



Kecepatan linear (v) = (0,058)/(0,022) = 0,302 ft/s

Bilangan Reynold,  $N_{re} = (62,152 \times 0,302 \times 0,172) / (1,937) = 16.743,51$

Karena  $N_{re} > 4000$ , maka aliran turbulen.

Dari Appendix C-3, foust 1980 untuk  $N_{re} = 16.743,51$  dan  $\epsilon/D = 0,0003$  diperoleh  $f = 0,00195$

Instalasi pipa :

Panjang pipa lurus

L1 = 30 ft

1 buah *gate valve fully open*  $L/D = 13$  (Appendix C-2a, Foust, 1980)

L2 = 1 x 13 x 0,172 = 2,239 ft

2 buah *standard elbow 90°* ;  $L/D = 30$  (Appendix C-2a, Foust, 1980)

L3 = 3 x 30 x 0,172 = 15,502 ft

1 buah sharp edge entrance 90°;  $K = 0.5$  ;  $L/D = 32$  (Appendix C-2a, Foust, 1980)

L4 = 0,2 x 32 x 0,172 = 2,756 ft

1 buah sharp edge exit;  $K = 1$  ;  $L/D = 65$  (Appendix C-2a, Foust, 1980)

L5 = 1 x 65 x 0,172 = 11,196 ft

Panjang pipa total ( $\Sigma L$ ) = 61,694 ft

Faktor gesekan,

$$\sum F = \frac{f v^2 \Sigma L}{2g_e D} = \frac{(0,00195)(0,302)^2(61,694)}{2(32,174)(0,1723)} = 0,00099 \text{ ft.} \frac{\text{lbf}}{\text{lbf}}$$

Tinggi pemompaan,  $\Delta z = 30$  ft

Static head,  $\Delta z.g/gc$  = 30 ft.lbf/lbm

Velocity head,  $\Delta(v^2/2.gc)$  = 0

Pressure head,  $\Delta p/p$  = 0

$W_s = 30 + 0 + 0 + 0,999 = 30,999$  ft.lbf/lbm Tenaga Pompa,

$$P = \frac{W_s \cdot Q \cdot \rho}{550} = \frac{(30,999)(0,00673)(62,152)}{550} = 0,228 \text{ hp}$$

Efisiensi pompa = 75% (Tabel 3.1 Coulson hal 94)

Maka  $P = 0,228 / 0,75 = 0,182$  hp

Digunakan daya pompa = 0,2 hp

Analog perhitungan dapat dilihat pada PU-01, sehingga diperoleh:

Table L.D 1 Spesifikasi pompa Utilitas

No	Pompa	Diameter Optimum (in)	Daya pompa standar (hp)	Daya pompa (hp)
1	PU-01	1.315	0.2	0,182
2	PU-02	1.315	0.2	0,182
3	PU-03	0.014	0.25	0,152
4	PU-04	1.315	0.1	0,092
5	PU-05	0.210	0.1	0,092
6	PU-06	0.062	1	0,092
7	PU-07	0.214	0.25	0,152
8	PU-08	0.027	1	0,092
9	PU-09	1.209	0.25	0,152
10	PU-10	0.210	0.5	0,415
11	PU-11	0.368	0.25	0,152
12	PU-12	1.036	0.25	0,152
13	PU-13	0.658	0.5	0,415
14	PU-14	0.611	0.5	0,415
15	PU-15	0.433	0.25	0,152
16	PU-16	1,0275	0,25	0,150

### L.D.3 Bak Sedimentasi (BS-01)

Fungsi : untuk mengendapkan lumpur yang terikut dengan air

Jumlah: 1 unit

Bahan konstruksi : Beton kedap air

Kondisi operasi :

Suhu = 30°C

Tekanan = 1 atm

Densitas air ( $\rho$ ) = 995,680 kg/m<sup>3</sup>

Laju alir massa (F) = 63,69374 kg/jam

Laju alir volumetrik (Q) = 0,00019 m<sup>3</sup>/s = 4,041 ft<sup>3</sup>/s

Desain perancangan :

Bak dibuat dua persegi panjang untuk desain efektif  
(Kawamura, 1991) perhitungan ukuran tiap bak :

kecepatan pengendapan 0,1 mm pasir (Kawamura, 1991)

$$V_o = 1,57 \text{ ft/min} = 8 \text{ mm/s}$$

Spesifikasi desain :

$$\text{Kedalaman tangki} = 12 \text{ ft} = 3,657 \text{ m}$$

$$\text{Lebar tangki} = 2 \text{ ft} = 0,609 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan aliran, (v)} = 0,168 \text{ ft/min}$$

Desain panjang ideal bak :

$$L = K \left( \frac{n}{v_o} \right) v \quad (\text{Kawamura, 1991})$$

Dengan ; K = faktor keamanan = 1,5

H = kedalaman air efektif (10-16 ft);dipilih 10 ft

$$\text{Maka, L} = 1,608 \text{ ft}$$

$$\text{Diambil panjang bak} = 2 \text{ ft} = 0,609 \text{ m}$$

Uji desain:

$$\text{Waktu retensi (t)} = \frac{V_a}{Q} = 9,897 \text{ menit}$$

Dimana (t) yang diizinkan adalah 6-15 menit (Kawamura, 1991)

$$\text{Surface loading} : 7,558 \text{ gpm/ft}^2$$

Dimana surface loading diizinkan diantara 4-10 gpm/ft<sup>2</sup> (Kawamura, 1991)

Headloss ( $\Delta h$ ) ; bak menggunakan gate valve, full open ( 16 in ) :

$$\Delta h = 5,6 \times 10^{-8} \text{ m dari air}$$

#### L. D.4 Tangki pelarutan

Ada beberapa jenis tangki pelarutan, yaitu:

1. TP-01 : Tempat larutan alum
2. TP-02 : Tempat larutan asam sulfat
3. TP-03 : Tempat larutan NaOH
4. TP-04 : Tempat larutan kaporit

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade C*

## Perhitungan untuk TP-01

Kondisi Pelarutan :

Suhu = 30°C ;

Tekanan = 1 atm

(Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) yang digunakan = 50 ppm

(Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) larutan 30% (%berat)

Laju massa (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) = 0,0341 kg/jam

Densitas (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) = 1.363 kg/m<sup>3</sup> = 85,092 lbm/ft<sup>3</sup> (Perry,1999)

Faktor Keamanan = 20%

Ukuran Tangki :

$$\text{Volume Larutan, (V)} = \frac{0,0341 \times 24}{1.363} = 0,06 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki, (Vt)} = 1,2 \times 0,06 = 0,072 \text{ m}^3$$

Direncanakan perbandingan tinggi tangki dengan diameter tangki D : H =  
2 : 3

$$V = \frac{1}{4} \pi D^2 H \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$V = \frac{3}{8} \pi D^3$$

$$D = \left( \frac{BV}{3\pi} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Maka ;

$$\text{Diameter (D)} = 0,543 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (H)} = 0,815 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi cairan dalam tangki (h)} = (0,06 \times 0,815) / 0,072 = 0,259 \text{ m}$$

Tebal Dinding Tangki :

$$\text{Tekanan hidrostatik, } = \rho \cdot g \cdot h$$

$$= 1363 \times 9,8 \times 0,259$$

$$= 3467,37 \text{ pa} = 3,467 \text{ kPa}$$

$$\text{Tekanan udara luar, } P_o = 1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kPa}$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{hid}} + P_o = 105 \text{ kPa}$$

Faktor kelonggaran = 5%

$$\text{Maka, } P_{\text{design}} = 1,05 \times 105 = 110,032 \text{ kPa}$$

$$\text{Joint Efficiency} = 0,8$$

(Brownell, 1959)

Allowable stress = 12650 psia = 87221,75 kPa (Brownell, 1959)

$$\text{Tebal shell tangki (t)} = \frac{PD}{2SE - 1,2P}$$

$$t = \frac{110,032 \times 0,5435}{((2 \times 87221 \times 0,8) - (1,2 \times 110,032))} = 0,0004 \text{ m} = 0,0168 \text{ in}$$

Faktor korosi = 0,125 in

Tebal shell yg dibutuhkan = 0,0168 + 0,125 = 0,141 in

Tebal shell standar yg digunakan = 0,188 in = 3/16 (Brownell, 1959)

Daya Pengaduk:

Jenis pengaduk : flat 6 blade turbin impeller

Jumlah baffle : 4 buah

Untuk turbin standar (McCabe, 1993), diperoleh :

$$Da/Dt = 1/3 \quad ; \quad Da = 0,181$$

$$E/Da = 1 \quad ; \quad E = 0,060$$

$$L/Da = 1/4 \quad ; \quad L = 0,015$$

$$W/Da = 1/5 \quad ; \quad W = 0,005$$

Dimana:

Dt = diameter tangki

Da = diameter impeller

E = tinggi turbin dari dasar tangki

L = panjang blade pada turbin

W = lebar baffle pada turbin

J = lebar baffle

Kecepatan pengadukan, N = 1 putaran/det

Viskositas (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) 30% = 0,000672 lbf/ft.detik (Othmer, 1967)

Bilangan Reynold, N<sub>Re</sub> = 4156

Nilai N<sub>Re</sub> < 10.000

Maka perhitungan dengan pengadukan menggunakan rumus:

$$Kt = 5,6 \quad (\text{McCabe, 1994})$$

$$P = \frac{K \tau n^3 Da^5 \rho}{gc} \quad (\text{McCabe, 1994})$$

$$P = \frac{5,6 \times 10^3 \times (0,181 \times 3,2808)^5 \times 1363}{32,174} = 1,98 \text{ ft. lbf/ det} = 0,019 \text{ hp}$$

Efisiensi motor penggerak = 75%

Daya motor penggerak = 0,24 hp

Maka daya motor yang dipilih = 0,25 hp

Tabel L.D Spesifikasi tangki utilitas

Tangki	Volume Tangki (m <sup>3</sup> )	Diameter Tangki (m)	Daya Pengaduk (hp)	Daya Standar (hp)
TP-01	0,2904	0,543	0,24	0,25
TP-02	0,00792	0,072	0,09	0,1
TP-03	0,0024	0,191	0,037	0,05
TP-04	0,00163	0,127	0,021	0,05

#### L.D.5 Clarifier

Fungsi : Memisahkan endapan (flok-flok) yang terbentuk karena penambahan alum dan soda abu.

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-283, Grade C*

Data:

Laju massa air (F1) = 683,693 kg/jam

Laju massa Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (F2) = 0,0341 kg/jam

Laju massa Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (F3) = 0,0184 kg/jam

Laju massa total (m) = 683,746 kg/jam = 0,189 kg/s

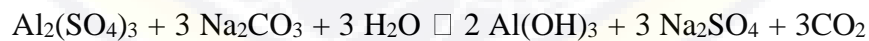
Densitas Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> = 2,710 kg/m<sup>3</sup> (perry, 1997)

Densitas Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> = 2,533 kg/m<sup>3</sup> (perry, 1997)

Densitas air = 995,68 kg/m<sup>3</sup>

Densitas larutan (ρ) = 965,727 kg/m<sup>3</sup> = 0,965 gr/m<sup>3</sup>

Reaksi koagulasi:



Perhitungan:

Dari montgomery (1985) diperoleh untuk *clarifier tipe upflow* (radial) :

Kedalaman air = 3-5 m

Setting time = 1-3 jam

Dipilih: kedalaman air (H) = 3 m ;

Waktu pengendapan = 1 jam

Dimensi Clarifier :

$$\text{Volume cairan (V)} = 0,686\text{m}^3$$

Maka :

$$V = \frac{1}{3} \pi D^2 H \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$V = \frac{3}{4} \pi D^3$$

$$D = \left(\frac{4V}{3\pi}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$\text{Diameter (D)} = 0,913 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (H)} = 1.5 D = 1,37 \text{ m}$$

Tebal Dinding Tangki:

$$\text{Tekanan hidrostatik} = 13.375,472 \text{ pa} = 13,375 \text{ kPa}$$

$$\text{Tekanan udara luar} = 1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kPa}$$

$$\text{Poperasi} = 114,7 \text{ kPa}$$

$$\text{Faktor kelonggaran} = 5\%$$

$$\text{Maka, P design} = (1,05 \times 114,7) = 120,435 \text{ kPa}$$

$$\text{Joint Efficiency} = 0,8 \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$\text{Allowable stress} = 12650 \text{ psia} = 87221,75 \text{ kPa} \quad (\text{Brownell, 1959})$$

Tebal shell tangki :

$$\text{Tebal shell tangki (t)} = \frac{PD}{2SE - 1,2P}$$

$$t = \frac{120,435 \times 0,913}{((2 \times 12650 \times 0,8) - (1,2 \times 120,435))} = 0,00079\text{m} = 0,031 \text{ in}$$

$$\text{Faktor korosi} = 0,125 \text{ in}$$

$$\text{Tebal shell yg dibutuhkan} = 0,031 + 0,125 = 0,156 \text{ in}$$

$$\text{Tebal shell standard yang digunakan} = 0,187 \text{ in}$$

Daya Clarifier

$$P = 0,006 D^2 \quad (\text{Ulrich, 1984})$$

P = daya yg dibutuhkan

$$= 0,006 \times (0,9138)^2$$

$$= 0,05 \text{ hp} = 0,2 \text{ hp}$$

#### L.D.6 Tangki Sand Filter (SF)

Fungsi : Tempat untuk menyaring endapan (flok-flok) yang masih

terikutdengan air yang keluar dari bak *Clarifier*

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup ellipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade C*

Kondisi operasi :

T emperatur = 30°C

Tekanan = 1 atm

Laju massa (F) = 683,693 kg/jam

Densitas ( $\rho$ ) = 995,68 kg/m<sup>3</sup> = 62,152 lbm/ft<sup>3</sup>

Kebutuhan perancangan = 1 hari

Faktor Keamanan = 20%

Tangki filtrasi dirancang untuk penampungan ¼ jam operasi.

Tangki filtrasi dirancang untuk volume bahan penyaring 1/3 volume tangki.

Ukuran Tangki :

$$\text{Volume air, (V}_a\text{)} = \frac{683,693 \times 6}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 4,119 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki, (V}_t\text{)} = 1,2 \times 4,119 = 4,943 \text{ m}^3$$

Direncanakan perbandingan tinggi tangki dengan diameter tangki D : H = 2 : 3

$$V = \frac{1}{4} \pi D^2 H \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$V = \frac{3}{8} \pi D^3$$

$$D = \left( \frac{BV}{3\pi} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Maka ;

$$\text{Diameter (D)} = 2,395 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (H)} = 2,874 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi cairan dalam tangki (h)} = 0,915 \text{ m}$$

Tebal Dinding Tangki :

$$\text{Tekanan hidrostatik, } = \rho \cdot g \cdot h$$

$$= 995,68 \times 9,8 \times 0,915$$

$$= 8.928,93 \text{ pa} = 8,928 \text{ kPa}$$

$$\text{Tekanan udara luar, } P_o = 1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kPa}$$



$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{hid}} + P_o = 110 \text{ kPa}$$

Faktor kelonggaran = 5%

$$\text{Maka, } P_{\text{design}} = 1,05 \times 110 = 115,76 \text{ kPa}$$

*Joint Efficiency* = 0,8 (Brownell, 1959)

$$\text{Allowable stress} = 12650 \text{ psia} = 87221,75 \text{ kPa} \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$\text{Tebal shell tangki (t)} = \frac{PD}{2SE - 1,2P}$$

$$t = \frac{115,76 \times 2,395}{((2 \times 87221 \times 0,8) - (1,2 \times 115,76))} = 0,00198 \text{ m} = 0,0782 \text{ in}$$

Faktor korosi = 0,125 in

$$\text{Tebal shell yg dibutuhkan} = 0,0782 + 0,125 = 0,203 \text{ in}$$

$$\text{Tebal shell standar yg digunakan} = 0,25 \text{ in} = \frac{1}{4} \text{ in} \quad (\text{Brownell, 1959})$$

#### L.D.7 Tangki Utilitas

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade C*

Jumlah: 2 unit

Kondisi operasi :

$$T \text{ emperatur} = 30^\circ\text{C}$$

$$\text{Tekanan} = 1 \text{ atm}$$

$$\text{Laju massa (F)} = 590 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas } (\rho) = 995,68 \text{ kg/m}^3 = 62,152 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\text{Kebutuhan perancangan} = 1 \text{ hari} = 24 \text{ jam}$$

$$\text{Faktor Keamanan} = 20\%$$

Tangki filtrasi dirancang untuk penampungan  $\frac{1}{4}$  jam operasi.

Tangki filtrasi dirancang untuk volume bahan penyaring  $\frac{1}{3}$  volume tangki.

Ukuran Tangki :

$$\text{Volume air, (Va)} = \frac{590 \times 24}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 14,221 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki, (Vt)} = 1,2 \times 14,221 = 17,065 \text{ m}^3$$

Direncanakan perbandingan tinggi tangki dengan diameter tangki D : H =

$$2 : 3$$

$$V_s = \frac{1}{4} \pi D^2 H \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$V = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$D = \left(\frac{BV}{3\pi}\right)^{\frac{1}{3}}$$

Maka ;

Diameter (D) = 3,071 m

Tinggi (H) = 2,304 m

Tinggi cairan dalam tangki (h) = 1,919 m = 6,298 ft

Tebal Dinding Tangki :

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik,} &= (H_s - 1 \times p) / 144 \\ &= (6,298 - 1 \times 62,1603) / 144 \\ &= 2,2873 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tekanan udara luar,  $P_o = 1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kPa}$

Faktor kelonggaran = 5%

Maka,  $P_{\text{design}} = 17,8325 \text{ psi}$

*Joint Efficiency* = 0,8 (Brownell, 1959)

*Allowable stress* = 12650 psia = 87221,75 kPa (Brownell, 1959)

$$\text{Tebal shell tangki (t)} = \frac{PD}{2SE - 1,2P}$$

$$t = \frac{17,8325 \times 3,0718}{((2 \times 87221 \times 0,8) - (1,2 \times 17,8325))} = 0,00253 \text{ m} = 0,0995 \text{ in}$$

Faktor korosi = 0,125 in (Timmerhaus, 1980)

Tebal shell yg dibutuhkan = 0,0995 + 0,125 = 1,349 in

Tebal shell standar yg digunakan = 1,375 in = 1+3/8

(tabel 5.4 Brownell, 1959)

#### L.D.8 Penukar Kation/cation exchamger (CE)

Fungsi : Mengurangi kesadahan air

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup ellipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade C*

Kondisi operasi :

Suhu = 30°C

Tekanan = 1 atm

Laju massa (F) = 46,607 kg/jam

Densitas ( $\rho$ ) = 995,68 kg/m<sup>3</sup> = 62,160 lbm/ft<sup>3</sup>

Kebutuhan perancangan = 1 jam

Faktor Keamanan = 20%

Ukuran Cation Exchanger:

Dari Tabel 12.4 Flynn, 1979 diperoleh:

Diameter penukar kation = 2 ft

Luas penampang penukar kation = 3,14 ft<sup>2</sup>

Tinggi resin dalam cation exchanger = 2,5 ft

Tinggi silinder = 3 ft = 0,914 m

Diameter tutup = diameter tangki = 0,609 ft

Rasio axis 2 : 1

Tinggi tutup = (1/2).(2/2) = 0,152 ft

Sehingga,tinggi *cation exchanger* = 3 ft + 0,152 ft = 3,152 ft

Tebal Dinding Tangki :

P<sub>operasi</sub> = 1 atm = 101,325 kPa

Faktor kelonggaran = 5% (Timmerhaus, 1980)

Maka, P<sub>design</sub> = 1,05 x 101,325 = 106,391 kPa = 15,430 psi

*Joint Efficiency* = 0,8 (Brownell, 1959)

*Allowable stress* = 12650 psia = 87221,75 kPa (Brownell, 1959)

Tebal shell tangki (t) =  $\frac{PD}{2SE-1,2P}$

$$t = \frac{106,39 \times 0,609}{((2 \times 87221 \times 0,8) - (1,2 \times 106,39))} = 0,00046 \text{ m} = 0,0183 \text{ in}$$

Faktor korosi = 0,125 in (Timmerhaus, 1980)

Tebal shell yg dibutuhkan = 0,0183 + 0,125 = 0,143 in

Tebal shell standar yg digunakan = 0,187 in = 13/16 in (Brownell, 1959)

#### L. D.9 Penukar Anion / Anion Exchanger (AE)

Fungsi : Mengikat anion yang terdapat dalam air umpan boiler.

Bentuk : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah ellipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade C*

Kondisi operasi :

Suhu = 30°C

Tekanan = 1 atm

Laju massa (F) = 46,607 kg/jam

$$\text{Densitas } (\rho) = 995,68 \text{ kg/m}^3 = 62,160 \text{ lbm/ft}^3$$

Direncanakan 0,25 volume tangki beisi resin

$$\text{Volume air dan resin} = 0,058 \text{ m}^3 = 2,066 \text{ ft}^3$$

$$\text{Kebutuhan perancangan} = 1 \text{ jam}$$

$$\text{Faktor Keamanan} = 20\%$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= (1+0,2) 0,058 \\ &= 0,07 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Ukuran Ation Exchanger:

Direncanakan perbandingan tinggi tangki dengan diameter tangki D : H = 2 : 3

$$V_s = \frac{1}{4} \pi D^2 H \quad (\text{Brownell, 1959})$$

Maka :

$$\text{Diameter (D)} = 0,458 \text{ m} = 1,491 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi (H)} = 0,681 \text{ m} = 2,237 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi cairan dalam tangki (h)} = 0,568 \text{ m} = 1,864 \text{ ft}$$

Tebal Dinding Tangki :

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik, } &= (H_s - 1 \times p) / 144 \\ &= (1,864 - 1 \times 62,1603) / 144 \\ &= 0,373 \text{ psi} = 5544,9 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$$\text{Tekanan udara luar, } P_o = 1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kPa}$$

$$\text{Faktor kelonggaran} = 5\%$$

$$\text{Maka, } P_{\text{design}} = 15,822 \text{ psi}$$

$$\text{Joint Efficiency} = 0,8 \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$\text{Allowable stress} = 12650 \text{ psia} = 87221,75 \text{ kPa} \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$\text{Tebal shell tangki (t)} = \frac{PD}{2SE - 1,2P}$$

$$t = \frac{15,822 \times 0,458}{((2 \times 87221 \times 0,8) - (1,2 \times 15,822))} = 1,467 \text{ in}$$

$$\text{Faktor korosi} = 0,125 \text{ in} \quad (\text{Timmerhaus, 1980})$$

$$\text{Tebal shell yg dibutuhkan} = 1,467 + 0,125 = 1,5 \text{ in}$$

$$\text{Tebal shell standar yg digunakan} = 1,5 \text{ in} = 1 + 1/2$$

(Tabel 5.4 Brownell, 1959)

Tutup terbuat dari bahan yang sama dengan dinding tangki dan ditetapkan

tebal tutup 1,5 in

Tinggi head : diameter tangki

Hh : D = 1 : 4

$$Hh = \frac{1}{4} \times 0,454 \text{ m} = 0,113 \text{ m}$$

$$\text{Total tinggi tangki} = 0,681 \text{ m} \times (2 \times 0,113 \text{ m}) = 0,909 \text{ m}$$

$$\text{Volume resin} = \frac{\frac{1}{4} \times 46,607}{995,68} = 0,0117 \text{ m}^3$$

#### L.D. 10 Daerator (DE)

Fungsi : Menghilangkan gas-gas yang terlarut dalam air umpan *boiler*.

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-287, Grade C*

Kondisi operasi :

Suhu = 30°C

Tekanan = 1 atm

Laju massa (F) = 233,03 kg/jam

Densitas ( $\rho$ ) = 995,68 kg/m<sup>3</sup> = 62,160 lbm/ft<sup>3</sup>

Kebutuhan perancangan = 1 jam

Faktor Keamanan = 20%

Ukuran Tangki :

$$\text{Volume air, (V}_a\text{)} = \frac{233,03 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ jam}}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 0,234 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki, (V}_t\text{)} = 1,2 \times 0,234 = 0,28 \text{ m}^3 = 9,917 \text{ ft}^3$$

Direncanakan perbandingan tinggi tangki dengan diameter tangki D : H

$$= 2 : 3$$

$$V_s = \frac{1}{4} \pi D^2 H \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$V = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$D = \left( \frac{4V}{3\pi} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Maka ;

Diameter (D) = 0,721 m

Tinggi (H) = 1,082 m

Tinggi cairan dalam tangki (h) = 0,902 m = 295 ft

Tebal Dinding Tangki :

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik, } &= (Hs-1 \times p) / 144 \\ &= (295 - 1 \times 62,1603) / 144 = 0,845 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tekanan udara luar,  $P_o = 1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kPa}$

Faktor kelonggaran = 5% (Timmerhaus, 1980)

Maka,  $P_{\text{design}} = 16,319 \text{ psi}$

*Joint Efficiency* = 0,8 (Brownell, 1959)

*Allowable stress* = 12650 psia = 87221,75 kPa (Brownell, 1959)

$$\text{Tebal shell tangki (t)} = \frac{PD}{2SE-1,2P}$$

$$t = \frac{16,319 \times 0,721}{((2 \times 87221 \times 0,8) - (1,2 \times 16,319))} = 0,0215 \text{ in}$$

Faktor korosi = 0,125 in (Timmerhaus, 1980)

Tebal shell yg dibutuhkan = 0,0215 + 0,125 = 0,146 in

Tebal shell standar yg digunakan = 0,2 in = 2/9 in  
(tabel 5.4 Brownell, 1959)

### L.D. 11 Ketel Uap / Boiler (KU)

Fungsi : Menyediakan uap untuk keperluan proses

Jenis : Ketel pipa api

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Uap panas lanjut yang digunakan:

Temperatur = 180°C

Tekanan = 1 atm

Total kebutuhan uap = 233,035 kg/jam = 513,754 lbm/jam

Kalor laten steam 180°C (H) = 2.013,1 kJ/kg = 865,432 btu/lbm

(Smith, 1987)

Menghitung daya Ketel Uap :

$$W = \frac{34,5 \times P \times 970,3}{H} \quad (\text{Caplan, 1980})$$

Dimana ; P = daya boiler (Hp)

W = kebutuhan uap (lmb/jam)

H = panas laten steam (Btu/lbm)

Maka ;

$$P = \frac{(513,754 \times 865,431)}{(34,5 \times 970,3)} = 13,282 \text{ hp}$$

Menghitung jumlah Tube

Dari *ASTM Boiler Code*, permukaan bidang pemanas = 10 ft<sup>2</sup>/hp  
(severn, hal 140)

Luas permukaan perpindahan panas,

$$A = P \times 10 \text{ ft}^2/\text{hp} = 132,82 \text{ ft}^2$$

Direncanakan *tube* dengan spesifikasi:

Panjang *tube* (L) = 18 ft

Diameter Tube = 1,5 in

Luas permukaan pipa (a) = 0,393 ft<sup>2</sup>/ft

Sehingga jumlah Tube :

$$N_t = 132,82 / (18 \times 0,3925) = 18,799 = 19 \text{ unit}$$

#### **L.D. 12 Menara Pendingin / water cooling tower (CT)**

Fungsi : Mendinginkan air pendingin bekas dari temperature 30°C menjadi 25°C

Jenis : Mechanical Draft cooling tower

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-53 Grade B*

Kondisi operasi :

Suhu air masuk menara = 30°C = 86°F

Suhu air keluar menara = 25°C = 77°F

Temperatur bola basah = 70°F (gambar 12-14 perry, 1997)

Konsentrasi air = 2,66 gal/ft<sup>2</sup>.menit (gambar 12-14 perry, 1997)

Densitas air (30°C) = 995,68 kg/m<sup>3</sup>

Laju massa air pendingin = 857 kg/jam

Laju volumetrik air pendingin = 0,865 m<sup>3</sup>/jam

Faktor keamanan = 20%

Kapasitas air, Q = 1,038 m<sup>3</sup>/jam = 4,573 gal/menit

Luas menara, A = (1,2 x 4,573) / (2,66) = 1,719 ft<sup>2</sup>

Performance menara = 90% (Perry, 1997)

Diperoleh tenaga kipas = 0,03 hp/ft<sup>2</sup>

Daya yang diperlukan = 0,03 x 1,719 = 0,0515 Hp = 0,25 hp

Dari sel menara kelipata 6 menurut ludwig, 2977 maka diperoleh:

Panjang = 6 ft

Lebar = 6 ft

Tinggi = 6 ft





**LAMPIRAN E**  
**ANALISA EKONOMI**

Kapasitas Produksi	: 2.000 ton/tahun
Satu tahun	: 330 hari
Rencana pendirian	: 2027
Kurs mata uang	: US\$ 14.968 (BI, 12 Juli 2022)
Harga garam rakyat	: Rp 300,00
Harga sodium hidroksida	:US\$ 0,24/kg ( <a href="http://www.alibaba.com">www.alibaba.com</a> )
Harga sodium karbonat	:US\$ 2,45/kg ( <a href="http://www.alibaba.com">www.alibaba.com</a> )
Harga jual garam farmasi	:US\$ 3,00/kg ( <a href="http://www.alibaba.com">www.alibaba.com</a> )

Perhitungan evaluasi ekonomi meliputi :

1. Perhitungan biaya produksi (*Production cost*)
  - A. Modal investasi (*capital investment*) meliputi :
    - A.1 Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
    - A.2 modal kerja (*Working Capital*)
  - B. Biaya pabrik (*Manufacturing Cost*) meliputi :
    - B.1 Biaya langsung (*direct manufacturing cost*)
    - B.2 Biaya tak langsung (*indirect manufacturing cost*)
    - B.3 Biaya tetap ( *fixed manufacturing cost*)
  - C. Pengeluaran umum ( *General Expense*) meliputi :
    - C.1 administrasi
    - C.2 penjualan
    - C.3 riset dan patent
    - C.4 keuangan (*finance*)

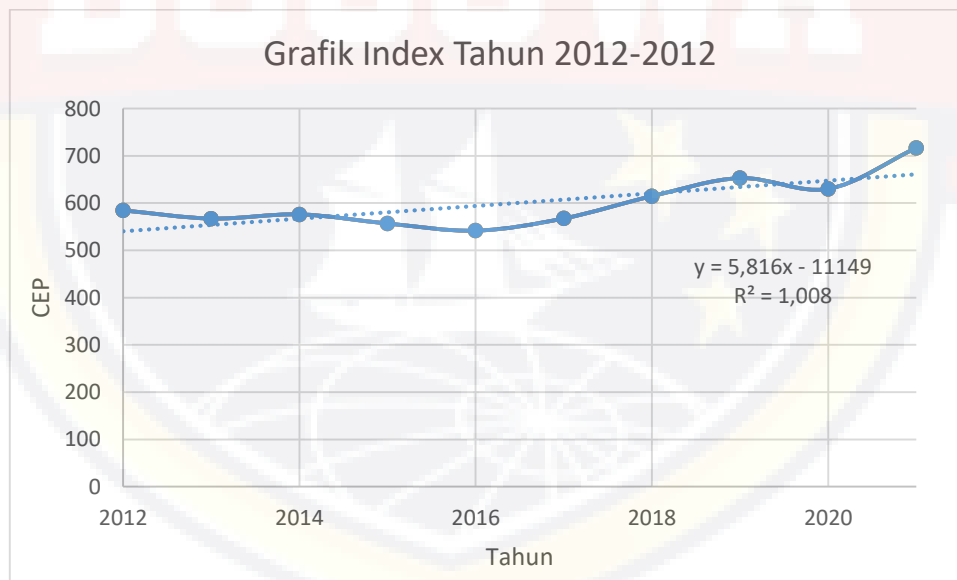
**L.E.1 Perhitungan harga peralatan**

Harga alat tiap tahun mengalami perubahan sesuai dengan kondisi perekonomian yang ada. Untuk memperkirakan harga alat diperlukan indeks yang dapat digunakan untuk mengkonversikan harga pada masa lalu agar dapat diperoleh harga di masa mendatang. Harga indeks tahun 2027 dicari dengan persamaan least square, dengan menggunakan data indeks dari tahun 2012 sampai 2021. Untuk tujuan tersebut digunakan data indeks sebagai berikut:

Tabel L.E.1 CEP Cost Index  
Tahun 2012 – 2021

Tahun (x)	CEP (y)
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8
2016	541,7
2017	567,5
2018	614,6
2019	652,9
2020	630,04
2021	716,98

(Sumber : *Chemical Engineering Magazine*, 2022)



Gambar L.E.1 CEP Index Tahun 2012 - 2021

$$y = 5,8165x - 11149$$

Maka index harga tahun 2027 adalah 600,33

Harga alat dapat dilihat pada grafik referensi, akan tetapi harga alat tersebut

adalah harga alat pada waktu dahulu, sehingga harga alat pada saat sekarang dapat ditentukan dengan persamaan:

$$Ex = Ey \times \frac{Nx}{Ny}$$

Dimana :

Ex = harga alat pada tahun pembelian

Ey = harga alat pada tahun referensi

Nx = indeks harga pada tahun pembelian

Ny = indeks harga pada tahun referensi

(Aries dan Newton, 1955)

Apabila alat dengan kapasitas tertentu ternyata tidak dijumpai dalam grafik, maka harga alat tersebut dapat diestimasi dengan cara membandingkan dengan alat sejenis yang telah diketahui kapasitas serta harganya dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Eb = Ea \times \left(\frac{Cb}{Ca}\right)^{0.6}$$

Dimana :

Eb = harga alat kapasitas b

Ea = harga alat kapasitas a

Ca = kapasitas alat a

Cb = kapasitas alat b

(Aries dan Newton, 1955)

Tabel L.E 2 Daftar Alat dan Harga Pembelian Luar Negeri

Nama Alat	Jumlah	Harga 2014 (US\$)	Harga 2027 (US\$)	Total harga (US\$)
Reactor	1	306.400	319.286,78	319.286,78
Thickeners	1	12.000	12504,70	12504,70
Nano filtrasi	2	-	900,00	1800,00
Evaporator	1	106100	110562,42	110562,42
Cristalizer	1	79400	82739,46	82739,46
Centrifuge	1	42500	44287,49	44287,49
Rotary Dryer	1	64800	67525,40	67525,40
Vibrating Screen	1	7.500	7815,44	7815,44
Ball mill	1	8500	8857,50	8857,50
Blet Conveyor	2	8800	9170,12	18340,23
Pemanas Udara	1	7500	7815,44	7815,44
Screw Conveyor	5	8500	8857,50	44287,49
Silo	1	13200	13755,17445	13755,17
Bucket Elevator	1	11800	12296,29231	12296,29
Jumlah				904639,63

Sumber dari : ([www.matche.com](http://www.matche.com)) dan ( <https://www.home-water-purifiers-and-filters.com> )

Tabe L.E 3 Daftar Alat dan Harga Pembelian Dalam Negeri

Nama Alat	Jumlah	Harga 2014(US\$)	Harga 2027 (US\$)	Total harga (US\$)
Tangki H2O	1	44800	46684,23	46684,23
Tangki NaOH	1	16900	17610,79	17610,79
Tangki brine	1	26400	27510,35	27510,35
Gudang garam	1	12000	12504,70	12504,70
Gudang produk	1	14000	14588,82	14588,82
Gudang Na2CO3	1	12500	13025,73	13025,73
Mixer 1	1	71400	74402,99	74402,99
Mixer 2	1	11400	11879,47	11879,47
Pump	13	5500	5731,32	74507,19
Valve	16	500	521,03	8336,47
Jumlah				301050,75

Sumber dari([www.matche.com](http://www.matche.com)) dan (Aries dan Newton, 1955)

## L.E.2 Total Capital Investment

### A. Fixed Capital Investment (FCI)

#### A.1 Direct Plant Cost (DPC) , Biaya Langsung

##### 1. Purchased Equipment Cost (PEC)

Purchased Equipment Cost (PEC) dari luar negeri adalah harga pembelian alat proses dari tempat pembelian. (Aries, R.S and Newton, 1995)

##### ➤ Purchased Equipment Cost Impor

• Harga pembelian alat (EC)	=	US\$ 904.639,63
• Biaya Pengangkutan (10% EC)	=	US \$ 90.463,96
• Asuransi (1% EC)	=	US \$ 9.046,40
• Ekspedisi Muatan (1% EC)	=	US\$ 9.046,40
• Provisi bank (0,25% EC)	=	US\$ 2.261,60
• Pajak barang impor (15% EC)	=	US\$ 29.303,35
<b>Total <i>Purchased Equipment Cost</i> (PEC) impor</b>	<b>=</b>	<b>US\$ 1.241.617,89</b>

➤ Purchased Equipment Cost dalam Negeri

• Harga Alat (EC)	= US\$ 301.050,75
• Pengangkutan ke lokasi (10%EC)	= US \$ 30.105,07
• Provisi bank (0,25% EC)	= US \$ 752,63
• Asuransi Pengangkutan (0,5% EC)	= US \$ 1.505,25
Total <i>Purchased Equipment Cost</i> (PEC) dalam negeri	=US\$ 334.413,71

Total PEC = US\$ 1.241.617,89 + US\$ 334.413,71  
= US\$ 1.575.031,61  
= Rp 20.811.417.748

2. Equipment Installation (EI)

*Equipment Installation cost* adalah biaya yang dibutuhkan untuk pemasangan alat-alat proses dan biaya pemasangannya. Dari Aries & Newton hal. 77, diperoleh biaya instalasi besarnya 43% PEC, terdiri dari material 11% dan buruh 32%.

• Material	= 11% PEC = Rp 2.289.255.952
• Buruh	= 32% PEC = Rp 6.659.653.679

Sehingga total biaya instalasi = Rp 8.948.909.631

3. Biaya Pemipaan (Piping Cost)

Piping cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk sistem pemipaandalam proses dan biaya pemasangannya. Dari tabel 17, Aries & Newton hal.78, diperoleh bahwa untuk sistem pemipaan solid-fluid biaya pemipaansebesar 36% PEC, terdiri dari material 21% PEC dan ongkos buruh 15% PEC.

• Material	= 21% PEC = Rp 4.370.397.727
• Buruh	= 15% PEC = Rp 3.121.712.662

Sehingga total biaya pemipaan = Rp 7.492.110.389

#### 4. Biaya Instrumentasi

*Instrumentation Cost* adalah biaya yang digunakan untuk melengkapi sistem proses dengan suatu pengendalian (*control*). Dari tabel 19, Aries & Newton hal. 97 diperoleh bahwa untuk *some specific control* besarnya biaya instrumentasi adalah 30% PEC terdiri dari material 24% PEC dan buruh 6% PEC.

- Material = 24% PEC  
= Rp 4.994.740.259
- Buruh = 6% PEC  
= Rp 1.248.685.064

Sehingga Total biaya instrumentasi = Rp 6.243.425.324

#### 5. Biaya Insulasi (*Insulation Cost*)

*Insulation Cost* adalah biaya yang dibutuhkan untuk sistem insulasi di dalam proses produksi. Dari tabel 21, Aries & Newton hal. 98, diperoleh besarnya biaya isolasi adalah 8% PEC, terdiri dari material 3% PEC dan buruh 5% PEC.

Dalam hal ini digunakan 100% tenaga kerja Indonesia.

- Material = 3% PEC  
= Rp 624.342.532
- Buruh = 5% PEC  
= Rp 1.040.570.887

Sehingga total biaya insulasi = Rp 1.664.913.419

#### 6. Biaya Listrik (*Electrical Cost*)

*Electrical cost* adalah biaya yang dipakai untuk pengadaan sarana pendukung dalam penyediaan atau pendistribusian tenaga listrik. Dari tabel 26, Peters & Timmerhaus hal. 210, diperoleh bahwa besarnya biaya listrik adalah 10 – 40% (diambil 15% PEC), yang terdiri dari material 9% PEC dan labor 6% PEC.

Dalam hal ini digunakan 100% tenaga kerja Indonesia.

- Material = 9% PEC  
= Rp 1.873.027.597
- Buruh = 6% PEC  
= Rp 1.248.685.064

Sehngga Total biaya listrik = Rp 3.121.712.662

#### 7. Bangunan

Luas bangunan	= 1.000 m <sup>2</sup>
Biaya bangunan	= Rp 2.000.000/m <sup>2</sup>
Total biaya bangunan	= 1.000 m <sup>2</sup> x Rp 2.000.000/m <sup>2</sup>
	= Rp 2.000.000.000

#### 8. Tanah

Luas tanah	= 1.800 m <sup>2</sup>
Harga tanah (m <sup>2</sup> )	= Rp 1.000.000/m <sup>2</sup>
biaya tanah	= 1.800 m <sup>2</sup> x Rp 1.000.000/m <sup>2</sup>
	= Rp 1.800.000.000
Biaya Perluasan Area Pabrik	= 12,5% PEC
	= Rp 2.601.427.218
Sehingga total biaya tanah	= Rp 4.401.427.218

#### 9. Utilitas

Biaya utilitas adalah biaya yang dikeluarkan untuk pengadaan unit- unit pendukung proses, antara lain air, steam, listrik, dan udara tekan. Dari tabel 31, Aries & Newton hal.109 diperoleh bahwa biaya utilitas diperkirakan sebesar 40% PEC untuk pemakaian rata-rata pabrik beroperasi normal (sewerage service).

Utilitas	= 40% PEC
	= Rp 9.430.029.198

#### 10. Environmental

*Environmental cost* adalah biaya yang digunakan untuk pemeliharaan lingkungan sekitar pabrik baik yang di dalam maupun di luar pabrik dan pembuatan IPAL. Biaya lingkungan diperkirakan sebesar 10-30% PEC (Peters & Timmerhauss). Dalam hal ini, biaya lingkungan ditetapkan sebesar 20% PEC.

Environmental	= 20 % x PEC
	= Rp 4.162.283.549



Tabel L.E 4 Direct Plant Cost (DPC)

Direct Plant Cost (DPC)	Biaya (Rp)
Purchased Equipment Cost (PEC)	20.811.417.748
Instalasi alat	8.948.909.631
Pemipaan	7.492.110.389
Instrumentasi	6.243.425.324
Insulasi	1.664.913.419
Listrik	3.121.712.662
Bangunan	2.000.000.000
Tanah	4.401.427.218
Utilitas	9.430.029.198
Environment	4.162.283.549
<b>Total Direct Plant Cost (DPC)</b>	<b>69.868.940.680</b>

## A.2 Indirect Plant Cost (Biaya Tidak Langsung)

### 1 Contractor's Fee

*Contractor's fee* adalah biaya yang dipakai untuk membayar kontraktor pembangun pabrik. Dari Aries & Newton, hal. 4, biaya contractor's fee diestimasi sebesar 4-10% DPC, diambil sebesar 4% dari DPC.

$$\begin{aligned} \text{Biaya Contractor's Fee} &= 4\% \text{ DPC} \\ &= \text{Rp } 2.224.196.818 \end{aligned}$$

### 2 Contingency

*Contingency* adalah biaya kompensasi perubahan harga dan kesalahan estimasi. Besarnya 10-25% DPC. Dalam hal ini ditetapkan 10% DPC (Aries & Newton, 1955).

$$\text{Biaya Contingency} = 10\% \text{ DPC} = \text{Rp } 6.060.492.045$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi Indirect Plant Cost} &= + \text{Contractor's Fee} + \text{Contingency} \\ &= \text{Rp } 9.718.842.271 \end{aligned}$$

Tabel L.E 5 *Fixed Capital Investment* (FCI)

<i>Fixed Capital</i>	Biaya Rp
<i>Direct Plant Cost</i>	69.228.255.865
Indirect Plant Cost	8.718.842.271
Total FCI	79.650.592.375

### B. Plant Start Up Cost

Dari Peters & Timmerhaus, hal. 179 biaya untuk start-up pabrik diestimasi sebesar 8-10% FCI, dalam hal ini diambil 8% FCI.

$$\begin{aligned} \text{Biaya Plant Start Up} &= 8\% \text{ FCI} \\ &= \text{Rp } 7.351.168.745 \end{aligned}$$

### C. Interest During Cunstruction

Bunga bank dihitung 8,7% (www.bi.go.id). Proses pembelian alat hingga pendirian pabrik diperkirakan selama 2 tahun.

$$\begin{aligned} \text{Biaya IDC} &= 8,7\% \times \text{FCI} \times 2 \text{ tahun} \\ &= \text{Rp } 13.188.960.931 \end{aligned}$$

### D. Working Capitas Invesment (WCI)

*Working Capital Investment* adalah biaya yang dikeluarkan untuk menjalankan usaha atau modal dan biaya yang dikeluarkan untuk menjalankan operasi suatu pabrik selama waktu tertentu.

#### D.1 Raw Material Inventory (30 hari bahan baku)

Tabel L.E 6 Raw Material Inventory

Bahan Baku	Harga(Rp/kg)	Kebutuhan (kg)	Biaya (Rp)
Garam rakyat	300	187.200	56.160.000
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	35.000	3.610,08	126.352.800
NaOH	3.594	3.629,52	13.038.397
Total Raw Material Inventory			195.551.197

#### D.2 In Process Inventory

Besarnya diperkirakan 0,5 dari Manufacturing Cost (Aries & Newton, 1955) untuk waktu hold up tertentu. Waktu Hold Up 1,5 jam.

$$\begin{aligned} \text{Biaya dalam Proses} &= (0,5 \times 1 \times \text{TMC}) / (24 \times 330) \\ &= \text{Rp } 4.563.540 \end{aligned}$$

### D.3 Product Inventory

Produk Inventory adalah biaya yang diperlukan dalam penyimpanan produk sebelum produk tersebut ke pasaran. Besarnya diperkirakan selama 1 bulan (30 hari) produksi untuk harga manufacturing cost. (Aries & Newton, 1955,hal 12).

$$\begin{aligned}\text{Biaya} &= 30/330 \times (\text{TMC}) \\ &= \text{Rp } 3.276.248.107\end{aligned}$$

### D.4 Extended Credit

*Extended credit* adalah persediaan uang yang digunakan untuk menutup penjualan barang yang belum dibayar. Besarnya diperkirakan setaradengan hasil penjualan selama 1 bulan produksi (30 hari). (Aries & Newton,hal.12).

$$\begin{aligned}\text{Extended Credit} &= 30/330 \times (\text{Harga jual}) \\ &= \text{Rp } 10.252.945.454\end{aligned}$$

### D.5 Available Cash

*Available Cash* digunakan sebagai persediaan uang untuk membayarburuh, service, dan material. Besarnya diperkirakan sebanding dengan 1 bulan (30 hari produksi) manufacturing Cost. (Aries & Newton, hal 13).

$$\begin{aligned}\text{Available Cash} &= 30/330 \times (\text{TMC}) \\ &= \text{Rp } 4.276.248.107\end{aligned}$$

Tabell.E 5 Wroking Capital Investment (WCI)

Total Wroking Capital Investment (WCI)	Biaya Rp
Raw Material	195.551.197
Inprocess Inventory	3.563.540
Product inventory	4.276.248.107
Extended credit	10.252.945.454
Available cash	4.276.248.107
Total WCI	19.624.793.995

Maka :

$$\begin{aligned}\text{Total Capital Investment (TCI)} &= \text{FCI} + \text{WCI} + \text{Plant Start Up} + \text{IDC} \\ &= \text{Rp } 121.099.648.681\end{aligned}$$

### L.E.3 Total Produksi (Total Production Cost)

#### A. Manufacturing Cost

Manufacturing Cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan suatu barang produksi.

##### A.1 Direct Manufacturing Cost (DMC)

Merupakan pengeluaran langsung dalam pembuatan suatu produk.

- Bahan Baku

Tabel L.E 6 Harga dan Kebutuhan Bahan Baku

Bahan Baku	Harga (Rp/kg)	Kebutuhan (kg/tahun)	Biaya (Rp)
Garam Rakyat	300	2.059.200	617.760.000
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	35.000	39.710,88	1.389.880.800
NaOH	3.594	39.924,72	143.442.370
Total biaya bahan baku			2.151.063.170

- Labor Cost

Tabel L.E 7 Labor Cost

Jabatan	Jml	Gaji perbulan (Rp)	Total pertahun
Kepala Regu Proses	4	7.000.000	Rp336.000.000
Kepala Regu Utilitas	4	7.000.000	Rp336.000.000
Kepala regu penyimpanan	4	7.000.000	Rp336.000.000
Kepala regu laboratorium	4	7.000.000	Rp336.000.000
Kepala rgu pemeliharaan	4	7.000.000	Rp336.000.000
Kepala regu HSE dan K3	4	7.000.000	Rp336.000.000
Karyawan proses	40	5.500.000	Rp2.640.000.000
Karyawan utilitas	32	5.500.000	Rp2.112.000.000
Karyawan HSE dan K3	12	5.500.000	Rp792.000.000
Karyawan penyimpanan	4	5.500.000	Rp264.000.000
Karyawan project engineering	5	5.500.000	Rp330.000.000
Total Pertahun (Rp)			7.596.000.000
Total Pertahun (US\$)			507.482,63

- Supervisi

Tabel L.E 8 Supervisi

Jabatan	Jumlah	Gaji perbulan (Rp)	Total pertahun (Rp)
Kepala bagian produksi	1	15.000.000	15.000.000
kepalabagian teknik	1	15.000.000	15.000.000
kepala seksi produksi	1	10.000.000	10.000.000
Kepala seksi utilitas	1	10.000.000	10.000.000
Kepala seksi penyimpanan	1	10.000.000	10.000.000
Kepala seksi project engineering	1	10.000.000	10.000.000
Kepala seksi laboratorium	1	10.000.000	10.000.000
kepala seksi pemeliharaan	1	10.000.000	10.000.000
kepala seksi HSE dan K3	1	10.000.000	10.000.000
Total Pertahun (Rp)			100.000.000
Total Pertahun (US\$)			6.681

- Maintenance Cost

Maintenance cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan peralatan proses, besarnya 2-10% FCI. Dalam hal ini ditetapkan 10% FCI (Aries & Newton, 1955,hal.164)

$$\begin{aligned} \text{Biaya Maintenance Cost} &= 10\% \times \text{FCI} \\ &= \text{Rp } 7.988.960.931 \end{aligned}$$

- Plant Supplies

Plant supplies ditetapkan sebesar 15% dari Maintenance cost per tahun, karena dianggap pabrik beroperasi pada kondisi normal. (Aries & Newton, 1955,hal. 168)

$$\begin{aligned} \text{Biaya Plant Supplies} &= 15\% \times \text{Maintenance Cost} \\ &= \text{Rp } 1.178.344.140 \end{aligned}$$

- Royalties and Patent

Biaya untuk royalti dan paten antara 1-5 %. Dalam hal ini dipilih sebesar diambil 1% dari sales (harga jual). (Aries & Newton, 1955 :

168)

$$\begin{aligned} \text{Royalties \& patents} &= 1\% \times \text{US\$ (Harga jual)} \\ &= \text{Rp } 113.756.800 \end{aligned}$$

- Utilitas

Utilitas cost adalah biaya yang dibutuhkan untuk pengoperasian unit- unit pendukung proses seperti pengadaan steam, pengolahan air, penyediaan listrik, dan udara tekan. Pengeluaran pada seksi utilitas dialokasikan untuk membeli listrik dari PLN, bea pengolahan air, dan bahan bakar ketel dan generator. Biasanya besarnya biaya utilitas adalah 25 – 50 % dari nilai bangunan dan contingency. Dalam perkiraan ini diambil besarnya 25%.

(Aries & Newton, 1955,hal. 168)

$$\begin{aligned} \text{Bangunan + Contingency} &= \text{Rp } 10.511.578.029 \\ \text{Biaya utilitas} &= 25\% \times \text{Rp } 10.511.578.029 \\ &= \text{Rp } 3.121.172.216 \end{aligned}$$

Tabel L.E 10 *Total Direct Manufacturing Cost (DMC)*

<i>Direct Manufacturing Cost</i>	Biaya (Rp)
Bahan Baku	2.151.063.170
<i>Labor Cost</i>	7.596.000.000
Supervisi	100.000.000
<i>Maintenance</i>	7.988.960.931
<i>Plant Supplies</i>	1.178.344.140
<i>Royalties and Patent</i>	113.756.800
Utilitas	3.121.172.216
<i>Total Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	22.266.051.017

#### A.2 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

Indirect Manufacturing Cost adalah pengeluaran-pengeluaran tidak langsung akibat dari operasi suatu pabrik.

- Payroll Overhead

Payroll Overhead meliputi biaya untuk membayar pensiunan, liburan

yang ditanggung pabrik, asuransi, cacat jasmani akibat kerja, dan THR, besarnya 15-20 % dari Labor Cost. Dalam hal ini ditetapkan 15% dari labor cost. (Aries & Newton, 1955, hal. 173)

$$\begin{aligned}\text{Biaya Payroll Overhead} &= 15\% \times \text{Labor Cost} \\ &= \text{Rp } 1.139.400.000\end{aligned}$$

- Laboratory

Laboratory cost adalah biaya yang diperlukan untuk analisa laboratorium, besarnya 10-20 % dari Labor Cost. Dalam hal ini ditetapkan 15% dari labor cost. (Aries & Newton, 1955, hal. 174)

$$\begin{aligned}\text{Biaya Laboratorium} &= 15\% \times \text{Labor Cost} \\ &= \text{Rp } 1.139.400.000\end{aligned}$$

- Plant Overhead

Plant Overhead cost adalah biaya yang diperlukan untuk service yang tidak langsung berhubungan dengan unit produksi yaitu pergudangan, biaya kesehatan, dan bonus produksi. Besarnya 50-100 % dari Labor D-16 Cost. Dalam perkiraan ini ditetapkan 100% dari labor cost (Aries & Newton, 1955, hal. 174).

$$\begin{aligned}\text{Biaya Plant Overhead} &= 100\% \times \text{Labor Cost} \\ &= \text{Rp } 7.596.000.000\end{aligned}$$

- Packaging

Biaya packaging dibutuhkan untuk membayar container produk, sedangkan shipping diperlukan untuk membayar ongkos pengangkutan barang produksi hingga sampai di tempat pembeli. Besarnya 4-36% harga penjualan produk, dalam hal ini ditetapkan 4% dari harga penjualan. (Aries & Newton, 1955, hal. 174).

$$\begin{aligned}\text{Biaya Packaging} &= 4\% \times \text{Sales Price} \\ &= \text{Rp } 4.550.272.000\end{aligned}$$

- Transportation

Biaya transportasi diperkirakan 1,5% dari harga jual produk selama 1 tahun.

$$\begin{aligned}\text{Biaya Transportasi} &= 1,5\% \times \text{Sales Price} \\ &= \text{Rp } 1.706.352.000\end{aligned}$$



Tabel L.E 11 *Total Indirect Manufacturing Cost*

<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	Biaya (Rp)
<i>Payroll Overhead</i>	1.139.400.000
<i>Laboratory</i>	1.139.400.000
<i>Plant Overhead</i>	7.596.000.000
<i>Packaging</i>	Rp 4.550.272.000
<i>Transportation</i>	1.706.352.000
<i>Total Indirect Manufacturing Cost</i>	16.131.242.000

### A.3 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

- Depresiasi

Depresiasi merupakan penurunan harga peralatan dan gedung karena pemakaian, besarnya 8-10 % FCI (Aries & Newton, 1955, hal. 180). Ditetapkan 10% FCI, adapun rumus perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Depresiasi} &= \frac{FCI - (10\%FCI)}{n} \\ \text{Umur pabrik (n)} &= 10 \text{ tahun} \\ \text{Depresiasi} &= \frac{\text{Rp } 79.650.592.376 - \text{Rp } 79.650.592,00}{10} \\ &= \text{Rp } 7.957.094.178 \end{aligned}$$

- Property Taxes

Property Taxes adalah pajak yang yang dibayar oleh perusahaan, besarnya 1-2% FCI. Ditetapkan 2% dari FCI. (Aries & Newton, 1955, hal. 181)

$$\begin{aligned} \text{Biaya Property Taxes} &= 2\% \times \text{FCI} \\ &= \text{Rp } 1.991.264.809 \end{aligned}$$

- Insurance

Pihak perusahaan harus mengeluarkan uang untuk biaya asuransi pabriknya, besarnya 1,25% dari FCI. (Aries & Newton, 1955, hal. 182).

$$\begin{aligned} \text{Biaya insurance} &= 1,25\% \times \text{FCI} \\ &= \text{Rp } 1.648.620.116 \end{aligned}$$

Tabel L.E 12 *Total Fixed Manufacturing Cost*

<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	Biaya (Rp)
Depresiasi	7.957.094.178
<i>Property Taxes</i>	1.991.264.809
<i>Insurance</i>	1.648.620.116
<i>Total Fixed Manufacturing Cost</i>	11.621.021.428

Maka total Manufacturing Cost ialah :

Tabel L.E 13 *Total Manufacturing Cost*

<i>Manufacturing Cost</i>	Biaya (Rp)
<i>Direct Manufacturing Cost</i>	22.266.051.017
<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	16.131.242.000
<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	11.621.021.428
<i>Total Manufacturing Cost</i>	50.018.496.445

## B. General Expense

### B.1 Administrasi

- Management Salaries

Tabel L.E 14 Management Salaries

Jabatan	Jumlah	Gaji perbulan (Rp)	Total pertahun (Rp)
Direktur utama	1	30.000.000	30.000.000
Direktur produksi dan teknik	1	25.000.000	25.000.000
Direktur keuangan dan umum	1	25.000.000	25.000.000
Sekretaris	2	6.000.000	12.000.000
Kepala bagian pemasaran dan pengadaan	1	12.000.000	12.000.000
Kepala bagian keuangan	1	12.000.000	12.000.000
Kepala bagian personalia dan umum	1	10.000.000	10.000.000
Kepala seksi pemasaran	1	8.000.000	8.000.000
Kepala seksi pembelian	1	8.000.000	8.000.000
Kepala seksi administrasi	1	8.000.000	8.000.000
Kepala seksi akuntansi	1	8.000.000	8.000.000
Kepala seksi humas	1	8.000.000	8.000.000
Kepala seksi personalia	1	8.000.000	8.000.000
Kepala seksi keamanan	1	8.000.000	8.000.000
Kepala regu keamanan	1	8.000.000	8.000.000
Karyawan pemasaran	3	4.500.000	13.500.000
Karyawan pembelian	3	4.500.000	13.500.000
Karyawan administrasi	5	4.500.000	22.500.000
Karyawan akuntansi	5	4.500.000	22.500.000
Karyawan peronalia	3	4.500.000	13.500.000
Karyawan keamanan	2	4.500.000	9.000.000
Karyawan humas	2	4.500.000	9.000.000
Sopir	5	2.500.000	12.500.000
Satpam	10	2.500.000	25.000.000
Cleaning service	12	2.000.000	24.000.000
Dokter	1	7.000.000	7.000.000
Paramedis	2	4.000.000	8.000.000
Total per tahun (Rp)			430.000.000
Total per tahun (US\$)			28.727,95

- Legal Fee and Auditing

Biaya untuk legal fee and auditing disediakan setiap tahun Rp.50.000.000,00 atau US\$ 3.488,70.

- Peralatan Kantor

Biaya untuk peralatan kantor disediakan setiap tahun Rp.40.000.000,00 atau US\$ 2.790,96.

Total Biaya Admisitrasi = Management salaries + Legal Fee and Auditing+  
Peralatan Kantor  
= Rp 520.000.000

#### B.2 Sales Expense

Besarnya sales expense bervariasi, tergantung pada tipe produk, distribusi, market, advertisement dan lain-lain. Secara umum besarnya diperkirakan 5- 22% total manufacturing cost. Dalam perancangan ini ditentukan 18%. (Aries & Newton, 1955, hal. 186)

Biaya Sales = 18% x TMC  
= Rp 9.003.329.360

#### B.3 Reserch

Research and development cost adalah biaya yang diperlukan untuk peningkatan dan pengembangan produk ataupun jenisnya. Besarnya diperkirakan 2% harga jual (jenis produk kimia) (Aries & Newton, 1955).

Biaya Research = 2% x Harga Jual  
= Rp 5.089.120.000

#### B.4 Finance

Di Indonesia dihitung dengan pendekatan :

Finance = 10% x TCI  
= Rp 12.643.429.539

Tabel L.E 15 Total General Expenses

<i>Generap Expenses</i>	Biaya (Rp)
<i>Administasi</i>	520.000.000
<i>Sales Expenses</i>	9.003.329.360
<i>Research</i>	5.089.120.000
<i>Finance</i>	12.643.429.539
<i>Total General Expenses</i>	27.322.168.811

Maka, Total Biaya Produksi = *Manufacturing Cost + General Expense*  
 = Rp 50.018.496.445 + Rp 27.322.168.811  
 = Rp 77.340.665.256

#### L.E.4 Evaluasi Kelayakan

##### A. Sales and Profit

*Sales* = Rp 113.756.800.000

Biaya Produksi = Rp 77.272.514.161

Keuntungan sebelum pajak = *Sales - Biaya Produksi*  
 = Rp 36.484.285.839

Pajak pendapatan >Rp 500.000.000 menurut pasal 17 UU/PPh No. 17, 2012

Pajak (30%) = 30% x Rp 28.024.150.029  
 = Rp 9.121.071.460

Keuntungan setelah pajak = keuntungan sebelum pajak – pajak  
 = Rp 25.539.000.087

##### B. Percent Profit on Sales (POS)

$$\text{POS} = \frac{\text{Profit}}{\text{Harga jual}} \times 100\%$$

a. Present profit on sales sebelum pajak

$$\begin{aligned} \text{POS} &= \frac{\text{Profit sebelum pajak}}{\text{Harga jual}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 36.484.285.839}{\text{Rp } 113.756.800.000} \times 100\% \\ &= 26,07\% \end{aligned}$$

b. Percent Profit on sales pajak

$$\begin{aligned} \text{POS} &= \frac{\text{Profit setelah pajak}}{\text{Harga jual}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 25.539.000.087}{\text{Rp } 113.756.800.000} \times 100\% \\ &= 20,45 \% \end{aligned}$$

### C. Percent Return on Investment (ROI)

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Profit}}{\text{FCI}} \times 100\%$$

a. Return on Investment sebelum pajak

$$\begin{aligned} \text{ROI} &= \frac{\text{Profit sebelum pajak}}{\text{FCI}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 28.024.150.029}{\text{Rp } 79.650.592.375} \times 100\% \\ &= 34,50 \% \end{aligned}$$

b. Return on Investment sesudah pajak

$$\begin{aligned} \text{ROI} &= \frac{\text{Profit setelah pajak}}{\text{FCI}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 19.616.905.020}{\text{Rp } 79.650.592.375} \times 100\% \\ &= 26,06 \% \end{aligned}$$

### D. Pay Out Time (POT)

*Pay Out Time* adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Perhitungan tersebut untuk mengetahui dalam beberapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

$$\text{POT} = \frac{\text{FCI}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}} \quad (\text{Aries, R.S and Newton, 1954})$$

$$\begin{aligned} \text{Sebelum pajak} &= \frac{\text{Rp } 79.650.592.375}{\text{Rp } 36.484.285.839 + 7.957.094.178} \times 100\% \\ &= 2,18 \text{ tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Setelah pajak} &= \frac{\text{Rp } 79.650.592.375}{\text{Rp } 25.539.000.087 + 7.957.094.178} \times 100\% \\ &= 3,11 \text{ tahun} \end{aligned}$$

### E. Break Event Point (BEP)

*Break Even Point* adalah titik yang menunjukkan biaya dan penghasilan memiliki jumlah yang sama atau tepat pada titik batas produksi, pabrik dikatakan tidak untung dan tidak rugi. BEP digunakan untuk menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dengan harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapatkan keuntungan.

#### a. Fixed Manufacturing Cost (FC)

Tabel L.E 18 Fixed Manufacturing Cost

Fixed Manufacturing Cost	Biaya (Rp)
Depresiasi	7.135.032.419
<i>Property Taxes</i>	2.837.792.186
Asuransi	1.648.620.116
<i>Total Fixed Manufacturing Cost</i>	11.121.444.722
<i>Total Fixed Manufacturing Cost (US \$)</i>	775.778

#### b. Variable Cost (VC)

Tabel L.E 19 Variable Cost

Variable Cost	Biaya (Rp)
<i>Raw Material</i>	2.151.063.170
<i>Packaging</i>	4.071.296.000
Utilitas	3.521.172.216
<i>Royalties &amp; Patent</i>	508.912.000
<i>Total Variable Cost</i>	9.952.443.386
<i>Total Variable Cost (US \$)</i>	664.957

c. Regulated Cost (RC)

Tabel L.E 20 Regulated Cost

Regulated Cost	Biaya (Rp)
<i>Labor Cost</i>	7.596.000.000
<i>Payroll Overhead</i>	1.139.400.000
Supervisi	100.000.000
<i>General Expense</i>	27.719.520.792
<i>Maintenance</i>	7.188.960.931
<i>Plant Overhead</i>	7.596.000.000
<i>Plant Supplies</i>	1.378.344.140
<b>Total Regulated Cost</b>	<b>52.718.225.863</b>
<b>Total Regulated Cost (US \$)</b>	<b>3.534.871</b>

d. Penjualan Produk/ Sales (S)

Penjualan produk selama satu tahun = Rp 113.756.800.000

= US \$ 7.600.000

$$\begin{aligned} \text{Break Even Point} &= \frac{FC + 0,3RC}{S - VC - 0,7RC} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 11.121.444.722 + (0,3 \times \text{Rp } 52.718.225.863)}{\text{Rp } 113.756.800.000 - \text{Rp } 9.952.443.386 - (0,7 \times \text{Rp } 52.718.225.863)} \times 100\% \\ &= 41,14\% \end{aligned}$$

**F. Shut Down Point (SDP)**

*Shut Down Point* adalah suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit).

$$\begin{aligned} \text{Shut Down Point} &= \frac{0,3RC}{S - VC - 0,7RC} \times 100\% \\ &= \frac{(0,3 \times \text{Rp } 52.718.225.863)}{\text{Rp } 113.756.800.000 - \text{Rp } 9.952.443.386 - (0,7 \times \text{Rp } 52.718.225.863)} \times 100\% \\ &= 23,75\% \end{aligned}$$



### G. Discount Cash Flow (DCF)

DCF adalah salah satu cara untuk cara menganalisa suatu kelayakan pabrik dimana DCF didefinisikan sejumlah uang dari keuntungan yang tidak digunakan untuk pinjaman modal bunganya. Evaluasi kelayakan dengan IRR dilakukan dengan menghitung nilai waktu dari *cash flow*.

Tabel *Cash Flow*

Tahun	Kapasitas Produksi	Penjual NaCl (kg)	Harga NaCl (USD/kg)	Revenue
1	80%	1600000	3.80	6080000.00
2	100%	2000000	3.80	7600000.00
3	100%	2000000	3.80	7600000.00
4	100%	2000000	3.80	7600000.00
5	100%	2000000	3.80	7600000.00
6	100%	2000000	3.80	7600000.00
7	100%	2000000	3.80	7600000.00
8	100%	2000000	3.80	7600000.00
9	100%	2000000	3.80	7600000.00
10	100%	2000000	3.80	7600000.00

Lanjutan :

Biaya Operasional	Income	Depresiasi	Untung Kotor	Untung Bersih	Cash Flow
4650360,68	1429639,32	531607,04	898032,27	628622,59	1160229,63
5167067,43	243293257	531607,04	1901325,53	1330927,87	1862534,91
5167067,43	2432932,57	531607,04	1901325,53	1330927,87	1862534,91
5167067,43	2432932,57	531607,04	1901325,53	1330927,87	1862534,91
5167067,43	2432932,57	531607,04	1901325,53	1330927,87	1862534,91
5167067,43	2432932,57	531607,04	1901325,53	1330927,87	1862534,91
5167067,43	2432932,57	531607,04	1901325,53	1330927,87	1862534,91
5167067,43	2432932,57	531607,04	1901325,53	1330927,87	1862534,91
5167067,43	2432932,57	531607,04	1901325,53	1330927,87	1862534,91
5167067,43	2432932,57	531607,04	1901325,53	1330927,87	1862534,91

Keterangan :

1. Total Penjualan (Revenue) = Kapasitas NaCl x Harga NaCl
2. Biaya Operasi (TPC) = Total Manufacturing Cost + General Expense
3. Pendapatan = Total penjualan – Biaya Operasi
4. Depresiasi = FCI/umur pabrik, umur pabrik 10 tahun
5. Untung Kotor = Pendapatan – Depresiasi
6. Pajak = 30% x untung kotor
7. Untung bersih = untung kotor – Pajak
8. Cash Flow = untung bersih + depresiasi

### **Internet Rate of Return (IRR)**

Harga IRR sering dibandingkan dengan suku bunga bank, dimana jika harga IRR lebih besar dari suku bunga berarti investasi ke pabrik lebih menguntungkan daripada menyimpan uang di bank. Nilai IRR dihitung dengan *trial* harga IRR hingga diperoleh *net present value* dari *cash flow* (NPV) = 0 dengan persamaan :

$$P = \frac{F}{(1 + IRR)^n}$$

Dimana :

P = Present value

F = Nilai uang pada tahun n

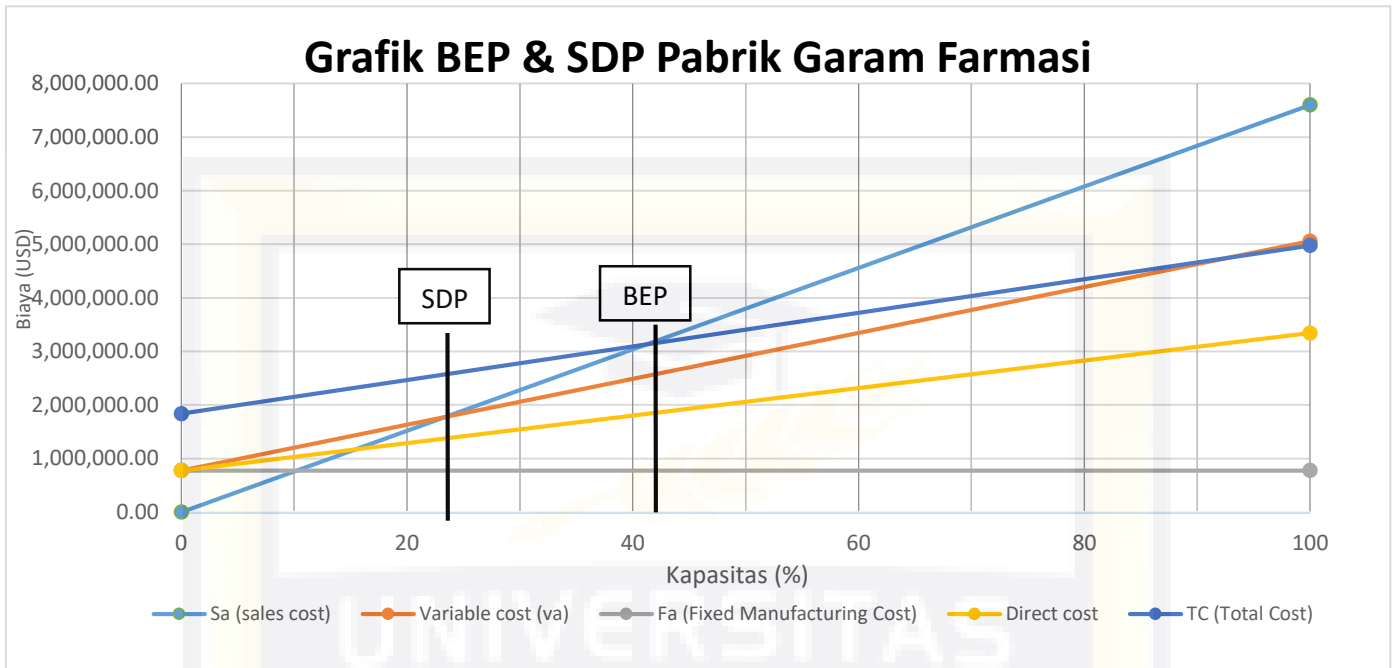
n = Tahun

Table 22 Net Present Value

Tahun	Cash Flow (\$)	Present Value
0		-3424570.08
1	1160229.63	1001730.228
2	1862534.91	1388411.091
3	1862534.91	1198739.732
4	1862534.91	1034979.448
5	1862534.91	893590.5184
6	1862534.91	771516.7831
7	1862534.91	666119.5866
8	1862534.91	575120.7405
9	1862534.91	496553.2808
10	1862534.91	428718.9513
NPV		0

Dari trial tersebut diperoleh IRR sebesar 15,82%

Dalam analisa kelayakan ekonomi, nilai IRR dapat digunakan untuk menyatakan tingkat profitabilitas dari suatu investasi. Modal yang digunakan dalam pembuatan pabrik berasal dari investor sehingga investasi dapat dikatakan profit apabila IRR lebih besar dari suku bunga kredit korporasi bank. Rata-rata suku bunga kredit korporasi bank tahun 2022 adalah 8,7% ([www.bi.go.id](http://www.bi.go.id)). Sehingga dapat disimpulkan kegiatan investasi pabrik ini layak secara ekonomi.

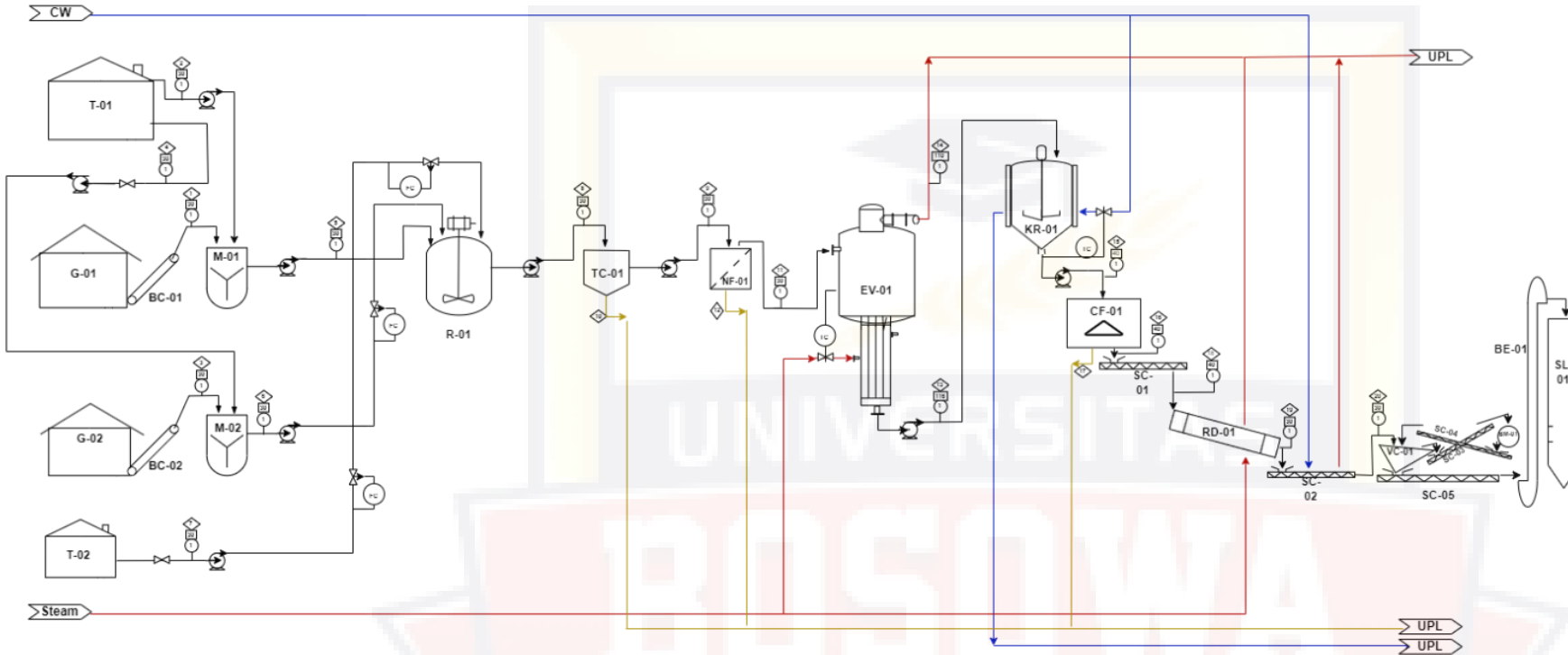



Gambar L.E. Grafik BEP dan SDP Pabrik Garam Farmasi

Hasil analisa ekonomi diperoleh bahwa :

- *Percent Return on Investment* sebelum pajak adalah 34,50 % dan setelah pajak adalah 26,06 %.
- *Pay Out Time* tahun sebelum pajak 2,18 tahun dan sesudah pajak adalah 3,11
- *Break Even Point* pabrik adalah 41,14 %.
- *Shut Down Point* pabrik adalah 23,75%.
- *Internal Rate of Return (IRR)* adalah 15,82 %.

# PRARANCANGAN PABRIK GARAM FARMASI DARI GARAM RAKYAT KAPASITAS 2.000 TON/TAHUN





**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BOSOWA**  
**MAKASSAR**  
**2022**

Disusun Oleh:  
**Resky Ammal (4520044017)**

Dosen Pembimbing:  
**1. Dr. Ridwan, ST, M.Si**  
**2. Hermawati, S.Si., M.Eng**

G : Gudang  
T : Tangki  
BC : Belt Conveyor  
BE : Bucket Elevator  
P : Pompa  
SC : Screw Conveyor  
M : Mixer  
R : Reaktor  
TC : Thickener  
NF : Nano Filtrasi  
EV : Evaporator  
KR : Kristalizer  
CR : Centrifuge  
RD : Rotary Dryer  
VC : Vibrating Screen  
BM : Ball Mill  
SL : Silo

	Tekanan Arus
	Suhu
	Nomor Arus
	Arus Utama
	Cooling Water
	Steam
	Solid Waste
TC	Temperatur Control
LC	Level Control
PC	Pressure Control

Komponen	Nomor Arus kg/jam																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
NaCl	240.994				240.994			253.851	253.851	0.116	253.735		253.735		252.466	252.466			252.466
H2O	5.824	682.158		11.92	687.982	11.92	6.383	706.285	705.962	0.323	705.962		639.452	66.51	639.452	8.287	631.165	7.873	0.414
CaCl2	6.552				6.552			0.249	0.249	0.000		0.249							
MgCl2	6.63				6.63			1.565	1.564	0.001		1.564							
NaOH							4.255												
Na2CO3			6.02			6.02													
CaCO3								5.684		5.684									
Mg(OH)2								3.103		3.103									
NaCl(l)															1.269		1.269		
<b>Total</b>	260	682.158	6.02	11.92	942.158	17.94	10.638	970.737	961.625	9.226	959.697	1.8128	893.187	66.51	891.918	260.753	631.165	7.873	252.88